

















# DER VULKANISMUS

VON

**DR. F. v. WOLFF**

PROFESSOR DER MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE  
AN DER UNIVERSITÄT HALLE

---

ZWEI BÄNDE

**II. BAND: SPEZIELLER TEIL**

**1. TEIL**

**DIE NEUE WELT (PAZIFISCHE ERDHÄLFTE)**

**DER PAZIFISCHE OZEAN  
UND SEINE RANDGEBIETE**

MIT 72 TEXTABBILDUNGEN UND IV TAFELN



VERLAG VON FERDINAND ENKE IN STUTTGART

1929



---

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG, VORBEHALTEN

---

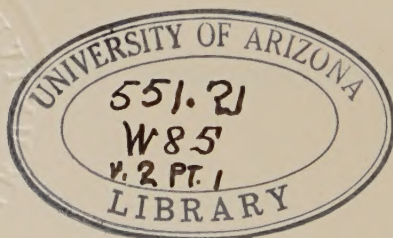
COPYRIGHT 1929 BY FERDINAND ENKE, PUBLISHER, STUTTGART

(Gesetzliche Formel

für den Urheberrechtsschutz in den Vereinigten Staaten von Nordamerika)

Printed in Germany

---





551.21  
W85  
V.2  
pt.1

## Vorwort.

Für die regionale Beschreibung der wichtigsten Vulkangebiete der Erde war ein zweiter Band als spezieller Teil vorgesehen.

Um das Thema zu erschöpfen, durfte sich die Darstellung nicht auf die tätigen Vulkangebiete allein beschränken, die vulkanischen Erscheinungen der geologischen Vergangenheit mußten, so weit als möglich, mit in den Kreis der Betrachtung hineinbezogen werden. Nur auf dieser weiteren Basis lassen sich viele geodynamische Probleme einer Lösung näherbringen.

Eine zusammenfassende Schilderung der vulkanischen Erscheinungen der Gegenwart und Vergangenheit und ihrer Zusammenhänge ist für die ganze Erde bisher kaum versucht worden. Das Material schwoll schnell unter der Bearbeitung an, so daß es erforderlich wurde, den Speziellen Teil in zwei Teile zu zerlegen. Die Behandlung der Neuen Welt, des Pazifischen Ozeans und seiner Randgebiete füllte den I. Teil dieses Speziellen Teils aus, der hiermit der Öffentlichkeit übergeben werden soll. Die Beschreibung der Alten Welt wird den II. Teil einnehmen, der als besonderer weiterer Band erscheinen wird.

Eine auch auf die geologische Vergangenheit sich ausdehnende regionale Vulkankunde sieht sich vor andere Aufgaben gestellt. Zuerst sind die vulkanischen Erscheinungen zeitlich in das stratigraphische Schema einzuordnen, dann sind die Beziehungen zwischen Vulkanismus und Gebirgsbildung aufzusuchen, die Eruptionsfolgen zu ermitteln und Laven und Gesteine verschiedener Gegenden miteinander zu vergleichen. Morphologische Betrachtungsweisen treten dabei mehr hinter die Methoden der vergleichenden Petrographie zurück.

Um die so wichtigen Beziehungen zwischen Differentiations- und Eruptionsfolgen schnell zu übersehen, war es wünschenswert, das einzelne Gestein durch Zahlenwerte so zu charakterisieren, daß seine petrographische Stellung sogleich erkannt, das Differentiationsstadium festgestellt und der Vergleich bis in Einzelheiten durchgeführt werden kann.

Eine einfache für diese Zwecke brauchbare Methode war erst zu schaffen. Die üblichen Variationsdiagramme, die von den Molekularquotienten ausgehen, erfüllen zwar ausgezeichnet ihren Zweck, den Durchschnittschemismus einer Magmaprovinz oder eines Magmatypus zur Darstellung zu bringen, über die genetischen Zusammenhänge der einzelnen Gesteine aber sagen sie nur wenig aus. Auch die amerikanische quantitative Klassifikation mit ihrer weit



durchgeführten Gliederung war für die vorliegenden Zwecke nicht zu verwenden.

Um vergleichbare Zahlenwerte zu erhalten, habe ich das Osannsche System weiter ausgebaut und bin von den Molekularprozenten ausgegangen, obschon die Analysenverrechnung dadurch umständlicher wird.

Die Molekularprozentzahlen wurden auf helle, leukokrate Bestandteile L und dunkle, melanokrate Komponenten M normativ aufgerechnet, weil jede Differentiation im Schwerefeld die leichteren hellen von den schwereren dunklen Bestandteilen zu trennen trachtet, so daß mit einer derartigen Aufrechnung zugleich das Differentiationsstadium erfaßt werden kann.

Nun unterscheiden sich die Gesteine weiter durch ihre Kieselsäurestufe, das macht die Einführung einer dritten Veränderlichen der Quarzzahl Q notwendig. Mit diesen drei Veränderlichen L, M, Q ist eine einfache graphische Darstellung noch in der Ebene im gleichseitigen Dreieck möglich, die den Verlauf der Differentiationsbahnen gut zur Anschauung bringt. Bei den vielen Komponenten sind allerdings auch hierbei Zusammenfassungen nicht ganz zu vermeiden, will man nicht zur komplizierten räumlichen Projektion greifen, die zu sehr unter dem Mangel an Anschaulichkeit leiden.

In der alten Osannschen Dreiecksprojektion überdecken sich Gesteine verschiedener Kieselsäurestufen. Dieser Übelstand wurde dadurch vermieden, daß die Kieselsäuresättigungsstufe zur Nullage gewählt wurde. Die positive Quarzzahl gibt dann den Kieselsäureüberschuß als freien Quarz in den sauren Gesteinen, die negative Quarzzahl den Kieselsäurefehlbetrag der basischen Gesteine an, der in der Auskristallisation von Silikaten niedriger Silifizierungsstufe, wie Olivin, Nephelin usw. zum Ausdruck kommt. Da jetzt die Projektionsorte der basischen Gesteine unter die L-M-Basis fallen, wird die Überdeckung vermieden und Projektionsraum gewonnen.

Die Berechnung ist natürlich normativ, das heißt, es kommt weniger darauf an, das natürliche Mengenverhältnis der Gesteinsbestandteile genau zu erfassen, als vielmehr allgemein vergleichbare Zahlen zu gewinnen, die das Gestein eindeutig charakterisieren und über den Verlauf der Differentiation Auskunft geben. Aus diesem Grunde sind auch schematische Vereinfachungen, wie die Zusammenfassung aller Anionen mit der Kieselsäure erlaubt, auch wenn sie nicht streng korrekt sind.

Ich habe im Anfang versucht, den Ägiringehalt durch einen Näherungswert zu erfassen, es aber später vorgezogen, ihn als Tonerdefehlbetrag durch eine negative Zahl des C-Wertes zu kennzeichnen, ebenso wie ein Tonerdeüberschuß am einfachsten durch negative Werte des melanokraten Kalkes seinen Ausdruck findet.

Durch die Parameter L, M, Q, ferner A (Alkalien), C (Kalk im Anorthit),  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  (melanokrater Kalkanteil),  $FeO$ , Mt (Magnet-eisen) sind die Gesteine eindeutig charakterisiert und allgemein vergleichbar



geworden, ihr Differentiationsstadium ist erkennbar und wichtige allgemeine genetische Schlußfolgerungen lassen sich aus dem Vergleich ziehen. Die Beispiele auf S. 514 zeigen, wie Fragen der Assimilation und Intrusionsrichtung usw. eine Aufklärung erfahren.

1600 Analysen sind in diesem Buche nach dieser Methode neu berechnet. Zwischen dem Erscheinen des ersten Teiles dieses Bandes und dem nunmehr vollendeten zweiten Teil liegen eine Reihe von Jahren. Die Bearbeitung des ersten Teiles hatte unter der Ungunst der Zeit zu leiden gehabt. Es war damals schwierig, z. T. unmöglich, an die neueste Literatur heranzukommen. So konnte die Arbeit erst nach Behebung der Schwierigkeiten wieder aufgenommen werden.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft für die Förderung meiner Arbeiten an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Ich danke ferner allen meinen Mitarbeitern, insbesondere meinen Assistenten, den Herren Dr. W. Kunitz und Dr. Jäger.

Auch diesmal hat der Verlag das Buch mit Karten und Abbildungen reich ausgestattet, wofür ich ihm meinen besonderen Dank zum Ausdruck bringen will.

Möge auch dieser Band einen weiteren Baustein einfügen in das Gebäude der Erkenntnis der Entwicklungsgeschichte unseres Planeten und der Kräfte, die in der Erde wirken.

Halle a. d. Saale, Mai 1929.

**Ferdinand v. Wolff.**







# Inhalt.

## II. Band: Spezieller Teil, 1. Teil.

|   | Seite |
|---|-------|
| <b>I. Kapitel. Methoden der speziellen Vulkankunde</b> . . . . .  | 1     |
| Der Tätigkeitscharakter eines Vulkans . . . . .   | 3     |
| Die Förderleistung . . . . .  | 7     |
| Vergleichende Petrographie der vulkanischen Produkte . . . . .  | 8     |
| Die Bruttokomponenten . . . . .   | 10    |
| Die Nettokomponenten . . . . .  | 12    |
| Reaktionen innerhalb der magmatischen Systeme . . . . .   | 12    |
| 1. Additionsverbindungen, Anlagerungen . . . . .  | 12    |
| 2. Polymerisationsreaktionen . . . . .  | 17    |
| 3. Dissoziationen . . . . .   | 18    |
| 4. Abtrennung der flüchtigen Phase . . . . .  | 18    |
| 1. Kristallisation unter Gasabsorption. — 2. Kristallisation unter Gasabgabe.   |       |
| 5. Mischkristallbildung . . . . .   | 19    |
| Die gesteinsbildenden Mineralien nach dem Schmelzpunkt geordnet . . . . .   | 27    |
| Die gesteinsbildenden Mineralien nach der Dichte geordnet. — Temperaturen einer Anzahl Eutektika. . . . .   | 28    |
| Die quantitativen Gesteinsklassifikationen. . . . .   | 29    |
| 1. Methode von Osann I. — 2. Methode von Osann II. — 3. Methode von Niggli. — 4. Methode von Cross und Iddings. — 5. Methode Hommel. a) Die Molekularformel. b) Die Konstitutionsformel. — 6. v. Wolffsche Methode. |       |
| 1. Berechnung der leukokraten Bestandteile. 2. Berechnung der melanokraten Bestandteile. 3. Berechnung von Q. — Die Dreiecksprojektion.   |       |
| 1. Die Kristallisationsbahnen . . . . .   | 42    |
| 2. Die quantitative Klassifikation der Eruptivmagmen . . . . .  | 43    |
| I. Basische Gesteine. — II. Intermediäre Gesteine. — III. Saure Gesteine.   |       |
| I. Kalimagmen . . . . .   | 44    |
| II. Kalikalkmagmen . . . . .  | 45    |
| IIa. Die Natronkalikalkmagmen und Natronkalimagmen . . . . .  | 52    |
| II. Die Natronmagmen . . . . .  | 53    |
| III. Natronkalkmagmen . . . . .   | 64    |
| IVa. Die Kalknatronmagmen . . . . .   | 76    |
| IV. Die Kalkmagmen . . . . .  | 77    |
| Übersicht über die Systematik der Eruptivmagmen. . . . .  | 85    |
| Gliederung des Stoffes . . . . .  | 86    |
| 1. Der pazifische Vulkantypus . . . . .   | 86    |
| 2. Der atlantische Vulkantypus . . . . .  | 87    |
| 3. Der arktische Typus . . . . .  | 87    |
| Literatur. . . . .  | 87    |



|  | Seite      |
|--|------------|
| <b>II. Kapitel. Die ostasiatischen Randbögen . . . . .</b>   | <b>89</b>  |
| 1. Der Kamtschatka-Kurilenbogen . . . . .  | 89         |
| Entwicklungsgeschichte des Vulkanbogens. — I. Eruptionsperiode. — II. Eruptionsperiode. — III. Eruptionsperiode.   |            |
| Der Kurilenbogen und sein Ende im Hokkaido . . . . .   | 97         |
| 2. Die japanischen Vulkanbögen . . . . .   | 101        |
| Der geologische Bau der japanischen Inselwelt. — Formationsfolge in Japan.   |            |
| Die mandschurischen Vulkane in der Gegend von Mergen . . . . .   | 108        |
| I. Der atlantische Innenrand Japans . . . . .  | 109        |
| II. Die Kampuzone . . . . .  | 116        |
| III. Chokai-Zone . . . . .   | 116        |
| Tätigkeit des Bogens.  |            |
| IV. Der nordjapanische Vulkanbogen . . . . .   | 117        |
| Bandaibogen, Nasu-Zone.  |            |
| V. Der südjapanische Vulkanbogen . . . . .   | 122        |
| A. Hakusan-Zone. — B. Vulkanzone des Hidagebirges. — C. Der cantalische Bogen.   |            |
| VI. Der Ryūkyūbogen . . . . .  | 124        |
| VII. Der Fuji-Boninbogen . . . . .   | 132        |
| Zusammenfassung . . . . .  | 143        |
| Literatur . . . . .  | 146        |
| <b>III. Kapitel. Die malayischen Randbögen . . . . .</b>   | <b>151</b> |
| Geologischer Überblick . . . . .   | 151        |
| A. Äußeres Bogensystem . . . . .   | 161        |
| I. Der Marianenbogen . . . . .   | 161        |
| II. Der Halmaherabogen . . . . .   | 162        |
| B. Das innere Bogensystem . . . . .  | 165        |
| I. Der Batanesbogen . . . . .  | 165        |
| II. Die nördlichen Philippinen-Vulkansysteme . . . . .   | 166        |
| III. Die Taalzone . . . . .  | 169        |
| 1. Die Manilabai. — 2. Taal.   |            |
| IV. Albay oder Mayonzone . . . . .   | 171        |
| V. Biliran-Leytezone . . . . .   | 172        |
| VI. Negros-Zamboanga-Zulubogen . . . . .   | 172        |
| VIa. Macaturinbogen . . . . .  | 173        |
| VII. Der Sangibogen . . . . .  | 179        |
| 1. Die Klabathalbinsel. — 2. Das Tondanomassiv. I. Nordosthälfte. II. Südwesthälfte. Der Soepoetan. — 3. Manemban und 4. Saratoesgebirge.  |            |
| VIII. Die Vulkangebiete Celebes . . . . .  | 184        |
| Die Tominibucht.   |            |
| C. Die Sumatra-Javabogen-Systeme . . . . .   | 190        |
| IX. Sumatra . . . . .  | 190        |
| 1. Der Atjebogen. — 2. Der Gajobogen. — 3. Alasbogen. — 4. Battakbogen. a) Vulkan der Karohochfläche. b) Das Senkungsfeld des Tobasees. — 5. Tapanoelibogen. — 6. Mandailinggruppe. — 7. Padanger Hochlandgruppen. — 8. Korintjigruppe. — 9. Redjangruppe. — 10. Pasemahgruppe. — 11. Ranaugruppe. — 12. Kroegruppe. — 13. Sundagruppe. — Java . . . . . | 214        |



|   | Seite |
|---|-------|
| X. Die westjavanische Vulkanzone . . . . .  | 216   |
| 1. DerTangkoebanprahoebogen. — 2. DerGoentoerbogen. — 3. Galoen-<br>goengbogen. — 4. Papandajanbogen. |       |
| XI. Der ostjavanische Bogen . . . . .   | 224   |
| XII. Die atlantische Region Ostjawas . . . . .  | 331   |
| Soembawa.   |       |
| XIII. Sundabogen . . . . .  | 240   |
| Lombok. — Soembawa. — Flores. — Adonara. — Lomblen. — Pantar.<br>— Alor (Ombai).                      |       |
| XIV. Der Bandabogen . . . . .   | 246   |
| Rückblick . . . . .   | 249   |
| Literatur . . . . .   | 251   |
| IV. Kapitel. Der pazifische Rand Australiens . . . . .  | 257   |
| 1. Geologischer Überblick . . . . .   | 257   |
| 2. Vulkanzone . . . . .   | 262   |
| I. Neuguinea . . . . .  | 262   |
| a) Der Ruckbogen. — b) Neupommern. — c) Kombiuzone. — d) British<br>Papua.                            |       |
| II. Die Salomonen . . . . .   | 268   |
| III. Die Neuhebriden. . . . .   | 270   |
| IV. Der Tongabogen. . . . .   | 276   |
| V. Der Kermadecbogen . . . . .  | 277   |
| VI. Die Taupozone, Nord-Neuseeland . . . . .  | 277   |
| VII. Die übrigen Vulkane der Nordinsel . . . . .  | 280   |
| VIII. Süd-Neuseeland . . . . .  | 281   |
| Literatur . . . . .   | 303   |
| V. Kapitel. Die Antarktanden und der pazifische Rand Südamerikas . . . . .                            | 305   |
| Einleitung . . . . .  | 305   |
| Geologischer Überblick . . . . .  | 306   |
| Die pampinen Sierren . . . . .  | 306   |
| Die Vorkordilleren . . . . .  | 306   |
| Die andine Faltung . . . . .  | 309   |
| Andenfaltung und Vulkanismus . . . . .  | 319   |
| Andesite und Andengesteine. . . . .   | 321   |
| Vulkanische und tektonische Zyklen . . . . .  | 323   |
| I. Die Antarktanden . . . . .   | 328   |
| 1. Die Außenkette oder Inselantarktanden, Südshetlandinseln . . . . .                                 | 329   |
| 2. Die Zentralkordillere . . . . .  | 329   |
| 3. Die Ostkordillere . . . . .  | 329   |
| 4. Die südliche Basaltzone . . . . .  | 329   |
| 5. Die Vulkane der Bransfieldstraße . . . . .   | 330   |
| 6. Die Vulkane des Süd-Sandwichbogen . . . . .  | 330   |
| II. Die außerandine patagonische Basaltformation . . . . .  | 331   |
| III. Die patagonischen Anden . . . . .  | 332   |
| IV. Die patagonisch-südchilenische Vulkanzone . . . . .   | 334   |
| 1. Die patagonischen Vulkane . . . . .  | 334   |
| 2. Die chilenisch-argentinischen Vulkane . . . . .  | 337   |
| V. Die Vulkanzone der Puna von Atacama, Boliviens und Perus . . . . .                                 | 343   |
| Die Puna . . . . .  | 343   |



|  | Seite |
|--|-------|
| 1. Die Westkordillere . . . . .                                      | 345   |
| 2. Die interandine Region . . . . .                                  | 348   |
| 3. Die Ostkordillere . . . . .                                       | 351   |
| VI. Das ecuatorianisch-columbische Vulkangebiet . . . . .            | 354   |
| 1. Die Westkordillere . . . . .                                      | 359   |
| 2. Die interandinen Mulden . . . . .                                 | 366   |
| 3. Die Ostkordillere . . . . .                                       | 370   |
| Rückblick . . . . .  | 387   |
| Anhang. Analysen und Gesteinsparameter . . . . .                     | 392   |
| Literatur . . . . .  | 420   |
| VI. Kapitel. Die Vulkane Zentralamerikas . . . . .                   | 426   |
| 1. Geologisch-tektonischer Überblick . . . . .                       | 426   |
| a) Die permischen Faltungen . . . . .                                | 426   |
| b) Die Laramiefaltung . . . . .                                      | 429   |
| Das mexikanische Gebirgssystem . . . . .                             | 429   |
| Der Vulkanismus innerhalb des mexikanischen Gebirgssystems . . . . . | 431   |
| c) Die tertiären Faltungen . . . . .                                 | 432   |
| Der Panamakanal . . . . .  | 432   |
| Das ältere Tertiär in Zentralamerika . . . . .                       | 436   |
| Der Antillenbogen . . . . .  | 438   |
| Der Bogen der Kleinen Antillen . . . . .                             | 438   |
| Die Costarica-Panama-Kordillere . . . . .                            | 439   |
| Das zentralamerikanische Gebirgssystem . . . . .                     | 440   |
| 2. Der pazifische Rand Zentralamerikas . . . . .                     | 444   |
| a) Die Costarica-Vulkanreihe . . . . .                               | 444   |
| b) Nicaragua-Reihe . . . . .   | 448   |
| Vulkane des Nicaragua-Sees . . . . .                                 | 448   |
| Die Maribios-Vulkane . . . . .                                       | 450   |
| Vulkane der Fonsecaibai . . . . .                                    | 454   |
| c) Vulkane von San Salvador . . . . .                                | 454   |
| Die Izalco-Vulkane . . . . .   | 458   |
| Binnenvulkane von West-San Salvador . . . . .                        | 462   |
| d) Guatemalareihe . . . . .  | 464   |
| 3. Der atlantische Rand Zentralamerikas . . . . .                    | 468   |
| Der Antillenbogen . . . . .  | 468   |
| Martinique . . . . .   | 470   |
| Der Ausbruch des Mt. Pelé . . . . .                                  | 472   |
| Der Dom . . . . .  | 475   |
| Die Bildung der Felsnadel . . . . .                                  | 476   |
| Zusammensetzung der Pelé-Aschen . . . . .                            | 477   |
| Die Glutwolken . . . . .   | 478   |
| 4. Der mexikanische Vulkangürtel . . . . .                           | 486   |
| Niederkalifornien . . . . .  | 495   |
| Die mexikanische Magmaprovinz und ihre Eruptionsfolgen . . . . .     | 497   |
| Anhang. Gesteinsanalysen und Parameter . . . . .                     | 500   |
| Panama . . . . .   | 500   |
| Costarica, Nicaragua, Honduras, Guatemala . . . . .                  | 502   |
| Antillenbogen, Grenada, St. Vincent . . . . .                        | 504   |
| Martinique; tertiäre Andesite, Massiv des Mt. Pelé . . . . .         | 506   |



|  | Seite      |
|--|------------|
| Andesite des Peléausbruchs 1902 . . . . .                                    | 510        |
| Einschlüsse in den Laven des Montagne Pelé . . . . .                         | 512        |
| Aschen des Mt. Pelé . . . . .  | 514        |
| Guadeloupe, St. Eustatius, Saba . . . . .                                    | 516        |
| Lewardsinseln, Virginesinseln . . . . .                                      | 518        |
| Mexiko, Tuxtla, Puebla . . . . .   | 520        |
| Popocatepetl, Ixtaccihuatl usw. . . . .                                      | 522        |
| Jorullo, Durango . . . . .   | 524        |
| Tamaulipas . . . . .   | 526        |
| Colima, Oaxaca . . . . .   | 528        |
| Literatur . . . . .  | 530        |
| <b>VII. Kapitel. Die Vulkane Nordamerikas . . . . .</b>                      | <b>535</b> |
| 1. Geologisch tektonischer Überblick . . . . .                               | 535        |
| a) Pazifik-Mountain-System . . . . .   | 536        |
| b) Die Rocky Mountains . . . . .   | 537        |
| c) Die Zwischengebirge, Basin Ranges und Interiorplateaus . . . . .          | 539        |
| d) Die Depressionen auf der Westseite des Pazifik-Mountain-Systems . . . . . | 540        |
| e) Die jungen Küstenketten . . . . .   | 540        |
| f) Die columbischen Granodiorite . . . . .                                   | 541        |
| g) Die Rhyolith-Andesit- und Basalteruptionen . . . . .                      | 548        |
| 2. Die Kaskaden-Vulkane . . . . .  | 553        |
| Lassen Peak . . . . .  | 557        |
| Cinder Cone . . . . .  | 559        |
| Mt. Shasta . . . . .   | 563        |
| Crater Lake . . . . .  | 564        |
| Mt. Thielsen, Mt. St. Helens, Mt. Rainer usw. . . . .                        | 565        |
| 3. Die Wrangell-Vulkangruppe . . . . .                                       | 567        |
| 4. Der Alaska-Aleuten-Vulkanbogen . . . . .                                  | 568        |
| a) Alaska-Vulkane . . . . .  | 568        |
| Katmai . . . . .   | 568        |
| b) Die Aleuten-Vulkane . . . . .   | 580        |
| 5. Der tertiäre Vulkanismus . . . . .  | 586        |
| a) Der Vulkanismus des Zwischengebirges . . . . .                            | 586        |
| Die San-Francisco-Vulkane . . . . .  | 587        |
| Coon Butte, Meteorkrater . . . . .   | 593        |
| Mt. Taylor . . . . .   | 594        |
| Ocate-Krater . . . . .   | 594        |
| Mt. Capulin . . . . .  | 595        |
| Spanish Peak . . . . .   | 595        |
| Lake-Bonneville-Vulkangruppe . . . . .                                       | 595        |
| Das Columbia-Lavaplateau . . . . .   | 598        |
| Mono-Lake-Vulkangruppe . . . . .   | 599        |
| b) Der Vulkanismus der Rocky Mts. . . . .                                    | 603        |
| Rositavulkan in Colorado . . . . .   | 603        |
| Cripple-Creek-Vulkan . . . . .   | 605        |
| Der Yellowstone-Nationalpark . . . . .                                       | 609        |
| 1. Der eozäne Vulkanismus . . . . .  | 609        |
| 2. Der obermiozäne Vulkanismus . . . . .                                     | 610        |
| 3. Der pliozäne Vulkanismus . . . . .  | 618        |



|  | Seite      |
|--|------------|
| Der Electric-Peak-Vulkan . . . . .                           | 612        |
| Der Crandall-Vulkan . . . . .                                | 612        |
| Die Banakit-Shoshonit-Absarokit-Gesteinsserie . . . . .      | 613        |
| Die Leuzit Hills . . . . .                                   | 616        |
| Die Latite . . . . .   | 618        |
| Die tertiären Lakkolithe und Vulkane Montanas . . . . .      | 619        |
| Crazy Mts. . . . .   | 619        |
| Little Belt Mts. . . . .                                     | 619        |
| Judith Mts. . . . .  | 621        |
| Highwood Mts. . . . .  | 624        |
| Bearpaw Mts. . . . .   | 625        |
| Sweet Grass Hills . . . . .                                  | 626        |
| c) Der Vulkanismus der Coast Ranges . . . . .                | 626        |
| 6. Analysenbelege und Gesteinsparameter . . . . .            | 630        |
| Literatur . . . . .  | 720        |
| <b>VIII. Kapitel. Die innerpazifischen Vulkane . . . . .</b> | <b>725</b> |
| 1. Geologisch tektonischer Überblick . . . . .               | 725        |
| 2. Die Hawai-Inseln . . . . .                                | 728        |
| 3. Die Hawai-Vulkanzone und ihre Tätigkeit . . . . .         | 745        |
| Mauna Loa . . . . .  | 748        |
| Kilauea . . . . .  | 751        |
| 4. Die Samoa-Inseln . . . . .                                | 761        |
| Sawaii . . . . .   | 761        |
| Apolima . . . . .  | 765        |
| Manono . . . . .   | 765        |
| Upolo . . . . .  | 766        |
| Tutuila . . . . .  | 766        |
| Manuagruppe . . . . .  | 768        |
| 5. Die Gesellschaftsinseln . . . . .                         | 768        |
| 6. Die subamerikanischen Inseln . . . . .                    | 771        |
| Die Juan-Fernandez-Gruppe . . . . .                          | 771        |
| San Felix und San Ambrosio . . . . .                         | 773        |
| Die Galápagos-Inseln . . . . .                               | 775        |
| Zusammenfassung . . . . .                                    | 776        |
| Literatur . . . . .  | 806        |
| <b>Sach- und Vulkanregister . . . . .</b>                    | <b>809</b> |



## I. Kapitel.

### Methoden der speziellen Vulkankunde.

Der spezielle Teil des Vulkanismus hat sich mit den einzelnen Vulkan-gebieten der Erde zu beschäftigen. Eine erschöpfende Behandlung dieser Aufgabe würde fordern, dass nicht nur die jetzt tätigen Vulkane berücksichtigt, sondern auch alle vulkanischen Gebilde der geologischen Vergangenheit in gleicher Weise betrachtet werden.

In diesem Umfang ist aber die Aufgabe heute noch nicht lösbar. Die Fülle des Stoffes zwingt zur Beschränkung. Es müssen zunächst einmal die in der Gegenwart tätigen Vulkane zusammenfassend geschildert werden, ehe sich die Geschichte des tertiären, permokarbonischen oder des älteren Vulkanismus schreiben lässt.

Es ist nicht meine Absicht, eine rein geographische Beschreibung der Vulkanberge mit ihrer wechselnden Morphologie zu geben oder die vorhandenen Vulkankataloge um einen neuen zu vermehren. Diese Aufgaben müssen der Erdkunde überlassen bleiben. Wie im ersten Bande das Problem des Vulkanismus von geologischer, petrographischer und physikalisch-chemischer Seite im allgemeinen angefasst worden ist, soll nach den gleichen Gesichtspunkten das vorhandene Beobachtungsmaterial für die einzelnen Vulkangebiete in diesem Buche in erster Linie ausgewertet werden. Selbst mit dieser Einschränkung bleibt die Aufgabe umfangreich genug. Eine Reihe von Fragen tauchen auf, die weit über den Rahmen der speziellen Vulkankunde hinaus für die Geologie Bedeutung erlangen.

Die Gesichtspunkte, nach denen die Darstellung in diesem Teil vorgenommen werden soll, sind folgende:

1. Abgrenzung der zu einer Einheit zusammenzufassenden Vulkangebiete. Dieselbe hat nach genetischen Gesichtspunkten zu erfolgen. Sie macht ein Eingehen auf den Bau des Untergrundes notwendig. Die wichtigsten tektonischen Linien, Brüche, Faltungen des Untergrundes, Richtungen der faltenden Kräfte sind aufzusuchen, ferner die Beziehungen zur Küstenlinie, den Vortiefen usw. Besonders bedeutsam erscheint eine genaue Festlegung des Alters der Vorgänge, die gestaltend auf den Untergrund gewirkt haben. Derartige Feststellungen sind für die Frage wichtig, in welcher Beziehung die vulkanischen Erscheinungen zum Gebirgsbau stehen.

2. Die heute tätigen Feuerberge ruhen auf einem weit ausgedehnten, erloschenen vulkanischen Sockel. Im Laufe der Zeit ist also eine Ein-



engung der vulkanischen Tätigkeit erfolgt. Ein Mass für die Einengung oder den Rückgang der vulkanischen Erscheinungen ist der „Rückgangsindex“, das Verhältnis der erloschenen Vulkaneinheiten zur Gesamtzahl der Ausbruchspunkte in Prozenten ausgedrückt. Die geologische Zeitbestimmung des Anfangs- und Höhepunktes der vulkanischen Tätigkeit wird von besonderer Wichtigkeit sein. Vielfach ist ein Wechsel in der petrographischen Beschaffenheit der zum Erguss gekommenen Laven eingetreten. Die Ermittlung der Altersfolge der Ergüsse gehört wiederum zu den wichtigsten Aufgaben, die sich die Erforschung der Vulkangebiete zu stellen hat.

Es sind das Fragen, die schliesslich nur durch eine sorgfältige geologische Kartierung des Gebietes beantwortet werden können. Eine solche mustergültige Kartierung haben z. B. Hibsich und seine Mitarbeiter für das böhmische Mittelgebirge geschaffen.

Als Mass für die vulkanische Energie eines Herdes kann die Anordnungsdichte der Essen dienen. Die Anordnungsdichte ist die Zahl der Ausbruchspunkte in der Flächeneinheit. Als Einheit ist der Quadratkilometer zu wählen. Ermittelt man auf Grund der Kartierung die Anordnungsdichte für die verschiedenen geologischen Zeitabschnitte, so gewinnt man die Möglichkeit, das Anschwellen und Abklingen der vulkanischen Betätigung zahlenmässig festzustellen und die Lebenskraft des Vulkangebietes zu beurteilen. An Stelle der Anordnungsdichte kann die Reihungsdichte bei linear angeordneten Vulkanen nach einem Vorschlag von Sapper gesetzt werden. Sie ist das Verhältnis der Zahl der Feuerberge zur Längs-ertreckung.

Was aber ist unter einer selbständigen Ausbruchsstelle zu verstehen? Die Frage, die Sapper angeschnitten hat, ist für alle vulkanstatistischen Untersuchungen von Wichtigkeit. Bestimmend für Form und Bau des Vulkans ist die Art und Weise des Magmadurchbruchs. Derselbe erfolgt, wie gezeigt wurde, punkt-, linien- oder flächenhaft, mit anderen Worten, die Entleerungswege des Vulkanherdes bestimmen im wesentlichen die Form des Oberflächengebildes, das sich über ihrer Mündung aufbaut. Bei Zentraleruptionen hat derselbe eine schlotförmige Gestalt. Die Spalte ist der Entleerungsweg der Masseneruptionen. Das Magma folgt allerdings nicht immer den gleichen Bahnen. Abzweigungen schaffen neue Austrittsöffnungen. Erfolgen dieselben nahe der Mündung und zwar erst innerhalb des Oberflächengebildes, das man als Vulkan bezeichnet, so besitzen dieselben nur einen geringen Grad von Selbständigkeit. Solche parasitären Bildungen haben ein vorübergehendes Dasein. Sie lassen vielfach Abhängigkeit von dem Hauptvulkan leicht erkennen. Sie wechseln ferner den Ort in der Nachbarschaft des Hauptschlotes. Ist der Kanal eines derartigen Parasiten mit Lava verstopft, so bietet er dem aufdringenden Magma einen grösseren Widerstand, die Lava kann sich dann an anderer



Stelle leichter einen Ausweg bahnen. Erfolgt dagegen die Abzweigung in einem tieferen Niveau unter dem Vulkansockel, so behauptet dieser Entleerungsweg viel leichter seine Selbständigkeit. Er bleibt auf längere Zeit in Tätigkeit und zeigt dann seinen eigenen Ausbruchszyklus. Es entsteht so ein Vulkanzwillig. Mit Recht wird man Mauna Loa und Kilauea auf Hawai als getrennte Vulkaneinheiten zu zählen haben, wenngleich sie sicherlich über demselben grösseren Herd stehen.

Pik und Chahorra auf Teneriffa sind zwei selbständige Einheiten, während der Chinyero, der 1909 am Fuss der Chahorra sich auftat, nur dann als besondere Einheit zu zählen sein wird, wenn er in Zukunft sich wieder öffnen sollte. Den Izalco neben dem Santa Ana als selbständigen Vulkan zu werten, ist sicher gerechtfertigt, da seine Tätigkeit einen eigenen Charakter erhielt.

Die Grenze zwischen tätigen und erloschenen Ausbruchsstellen zu ziehen, ist nicht leicht. Es gibt keine zuverlässigen Merkmale, die eine Entscheidung zulassen, ob ein Vulkan seine Tätigkeit dauernd eingestellt hat und als erloschen zu betrachten ist oder nicht. Wir werden mit Sapper alle diejenigen Vulkane als tätige bezeichnen, die in historischer Zeit, also unter den Augen der Menschen sicher verbürgte Ausbrüche erlebt haben. Mögen diese Ausbrüche uns nun in schriftlichen Urkunden geschildert worden oder durch mündliche Tradition sichergestellt sein, oder mag endlich der Befund die Gleichzeitigkeit der Eruption mit der Gegenwart der Menschen erweisen, wenn z. B. menschliche Geräte, Gebäude oder andere menschliche Spuren in den Aschenlagen oder unter Lavaströmen entdeckt worden sind.

### Der Tätigkeitscharakter eines Vulkans.

Jeder Vulkan besitzt seinen eigenen Tätigkeitscharakter, der aber mit der Zeit sich ändern kann, wie die Geschichte der Vulkane, deren Tätigkeit seit langer Zeit Gegenstand der Forschung und Beobachtung war, lehrt. Besonders deutlich zeigt der Vesuv diesen Wechsel seiner Tätigkeit mit der Zeit. Mit der Änderung des Tätigkeitscharakters ist aber auch eine Änderung der Zusammensetzung der Laven (des Fördermaterials) verknüpft. Diese aufzusuchen ist eine wichtige Aufgabe. Die Ausbruchsperioden haben sich oft geändert. Bald herrscht der explosive Charakter vor, bald wieder Lavaausfluss. Die Menge der geförderten Produkte schwankt in den weitesten Grenzen.

Um den Tätigkeitscharakter nun leicht übersehen zu können, wird man zu graphischen Darstellungen greifen müssen. Als Abszisse ist die Zeit ohne weiteres gegeben. Als Ordinate wäre die Intensität des Ausbruchs abzutragen. Eine derartige Darstellung gibt dann ein Bild der



## Vulkanische Tätigkeit.

|  | Temperatur      | A. Effusiver Charakter                             | B. Explosiver Charakter   | Fixpunkte zur Temperaturbestimmung  |
|--|-----------------|--|---|---|
| VI. Phase der permanenten Eruption und des Lavaausflusses. | 1300° bis 1200° | Gipfeleruption:                                    | <i>Hawaiianische Tätigkeit.</i><br>Lava im Feuersee fontänenartig hochgeschleudert. = Haw.                                    | Schmelzpunkt des Olivins.   |
|  |                 | Interkrater: Kilaueatypus                          |   |   |
|  |                 | Terminal: Cotopaxitypus                            |   | Schmelzpunkt von Augit.   |
| Effusivphase.  |                 | Subterminal: Mauna Loa-typus                       | <i>Strombolianische Tätigkeit.</i><br>Rhythmischer Auswurf flüssiger Lava, halbfeste Bomben, Schlacken. = Stro.               | Schmelzpunkt von Orthoklas.   |
|  |                 | Flankeneruption: Vesuv 1895. Langer ruhiger Ausfl. |   |   |
|  |                 | Vesuv 1872. Stürmisch, kurz Exzentrisch: Ätnatypus |   | Weitere Schmelzpunkte der gesteinsbildenden Mineralien sind auf Tabelle S. 27 zusammengestellt. |
| V. Phase der gemäßigten Tätigkeit.                         | 1150°           | Staukuppen.  | <i>Gemischte Tätigkeit.</i><br>Neue Lava flüssig, fest. Alte Lava in Blöcken, Bruchst., viel Sand, Asche. = Ge.               |   |
| Gemischte Phase.   | 1100°           |  | <i>Vulcanianische Tätigkeit.</i><br>Neues Material fest, Lapilli-Bomben mit fester Kruste, aufsteigende Eruptionswolke. = Vu. |   |
|  |                 | Feste Felsnadeln, Lava-dome, Belonite.             | <i>Peleanische Tätigkeit.</i><br>Neues Material fest, Emulsion, absteigende Eruptionswolke. = Pe.                             | Schmelzpunkt des Kupfers.   |
| IV. Phase der Paroxysmusexplosionen nach längerer Ruhe.    | ca 1100°        |  |   |   |



|                                      |  |   |  |                               |  |
|--------------------------------------|--|---|--|-------------------------------|--|
| = Explosionsphase.                   | 1050°                                    | 1060° Basaltlava hört auf zu fließen.           | <i>Plinianische Tätigkeit.</i><br>Erst fein zerriebenes altes, dann neues festes Material, Explosionen grösster Intensität, Eruptionswolke Pinienform. Erniedrigung des Gipfels, = Pl. | 1000°<br>950°                 | Gelbgut.<br>Beginn der Sublimation des Bleiglauz.  |
|                                      | 1000°                                    | Glasreiche Andesitströme hören auf zu fließen.  | <i>Ultravulkanische Tätigkeit.</i><br>Altes zerriebenes Material, Zersprengung des Vulkans, = U.   | 950°<br>bis 850°              | Krüftige Rotglut.  |
| III. Fumarolenzustand.               | 1000°<br>bis<br>655°                     | Saure Obsidianströme hören auf zu fließen 800°. | <i>Salzfumarolen.</i><br>$\text{HCl}$ , $\text{SO}_2$ , $\text{CO}_2$ , = Saf.   | 920°                          | Sublimationspunkt des Chlornatriums.   |
|                                      | 655°<br>bis<br>200°                      | 600°–500° Rotbrennen der Schlacken u. Bomben.   | <i>Saure Fumarolen.</i><br>$\text{HCl}$ , $\text{SO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{NH}_4\text{Cl}$ , $\text{FeCl}_3$ , $\text{F}$ .   | 875°                          | Umwandlung von Quarz in Tridymit.  |
| II. Solfatarenzustand.               | 200°<br>bis<br>100°                      |   | <i>Solfataren</i> So.<br>$\text{H}_2\text{O}$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CO}_2$ , Alkalische Sulfidkammerolen.  | 655°<br>444°                  | Enteektikum $\text{NaCl}$ – $\text{KCl}$ .<br>Sublimationspunkt des Schwefels.   |
|                                      | 100°<br>bis<br>Orts-<br>temper-<br>natur |   | <i>Trackene Mofetten</i> , $\text{CO}_2$ , Heisse Quellen, = Th.   | 183°<br>110°<br>100°<br>95,6° | Sublimationspunkt von $\text{AlCl}_3$ .<br>Schmelzpunkt des Schwefels.<br>Siedepunkt des Wassers.<br>Umwandlungspunkt des Schwefels mon. in rhomb. |
| I. Thermal- u. Mofetten-<br>zustand. |  |   |  |                               |  |



Energieäusserungen des Herdes, oder, wenn sie mit anderen Nachbarvulkanen verglichen wird, des betreffenden vulkanischen Gebiets wieder.

Allein die vulkanische Intensität lässt sich nicht ohne weiteres zahlenmässig fassen. In den wenigsten Fällen ist die Menge der geförderten Produkte auch nur annähernd richtig einzuschätzen. Bei der Mehrzahl der historischen Ausbrüche fehlen derartige Daten ganz und lassen sich nicht mehr beschaffen.

Es besteht aber trotzdem die Möglichkeit, die vulkanische Intensität durch ein anderes Mass zu messen, nämlich durch die höchste Temperatur, die der Vulkan während des Ausbruchs in seinem Krater erreicht.

Im ersten Bande wurde gezeigt, wie der Charakter der Ausbruchserscheinungen von der Temperatur abhängig ist. Diese Temperaturen werden sich aus Schilderungen der Augenzeugen und Beobachtungen des physikalischen Zustands der vulkanischen Produkte mit anreichernder Genauigkeit stets feststellen lassen. Es lässt sich auch mit Hilfe dieser Methode der Grad der Tätigkeit des Vulkans im Ruhestadium messen.

Auf Tabelle S. 4 ist eine Aichung der vulkanischen Intensität mittels der Temperatur versucht worden.

Der jeweilige Zustand des Vulkans ist durch die höchste Temperatur, die im Krater oder an anderer Stelle herrscht, gekennzeichnet, wie das Brun vorgeschlagen hat. (Vergl. I, S. 562—567.)

Es werden 6 Phasen oder Intensitätsgrade vulkanischer Tätigkeit unterschieden, die ungleiche Temperaturintervalle umspannen.

Der schwächste Grad I ist die Thermal- oder Mofettenphase. Die Temperatur ist zwar höher als die mittlere Ortstemperatur, sie erreicht aber nicht mehr den Siedepunkt des Wassers. Heisse Quellen oder trockene Kohlensäureaushauchungen sind die letzten Äusserungen eines ausklingenden Vulkanismus.

Intensitätsgrad II umfasst den Solfatarenzustand. Als obere Grenze wurde die Temperatur  $200^{\circ}$  gewählt.

Der Übergang zur nächsten Phase ist nicht scharf. Im Temperaturintervall  $200-100^{\circ}$  erscheinen neben Wasserdampf Schwefelwasserstoff und Kohlensäure. Die basischen Salmiakfumarolen gehören dieser Phase an.

Der III. Intensitätsgrad ist als Fumarolenzustand bezeichnet worden. Er umfasst das Temperaturgebiet aufwärts bis zum Einsetzen des Ausbruchs.

Die Frage, wo die Grenze zwischen erhöhter Fumarolentätigkeit und dem Ausbruch zu ziehen sei, lässt sich physikalisch-chemisch dahin beantworten, dass der Ausbruch einsetzt, sobald der Explosionspunkt der Laven erreicht ist. Von diesem Moment an geht die allmähliche Gasentweichung in eine plötzliche über, die vulkanisches Material mit sich reisst und dadurch die Wege für die Eruption frei macht. Der Explosionspunkt für vulkanische Gläser liegt nach der petrographischen Beschaffen-



heit verschieden hoch, aber stets etwa in der Gegend von  $1000^{\circ}$ . Diese Grenze wurde daher als Anfangstemperatur des Ausbruchs angenommen.

Die Fumarolenphase lässt sich noch in zwei weitere Abschnitte zerlegen. Die heissen Fumarolen, die Salzfumarolen, müssen in der Temperatur des Eutektikums von NaCl und KCl ihr Ende finden. Die sauren Dämpfe wie HCl,  $\text{SO}_2$  usw. gehen durch das ganze Gebiet.

Der IV. Intensitätsgrad übersteigt zwar den Explosionspunkt, erreicht aber nicht den Schmelzpunkt der Laven. Das geförderte Material ist daher nur fest. Es besteht der Hauptsache nach aus altem Material. Neues tritt bereits verfestigt gegen Ende hinzu. Temperaturintervall  $1000\text{--}1100^{\circ}$ . Das Maximum der explosiven vulkanischen Tätigkeit entfällt auf diesen Abschnitt, als Phase der Paroxysmusexplosionen wurde er bezeichnet.

Diese Phase zeigt die Ausbrucherscheinungen in dreierlei Form. Sie besteht erstens in einer einfachen Zersprengung des Vulkans = Ultravulcanianische Eruptionen. Die Explosion des Bandai ist das klassische Beispiel.

Zweitens erfolgt die Explosion nach aufwärts. Eine aufsteigende Eruptionswolke, die sich pinienhaft ausbreitet, ist für die plinianische Tätigkeit charakteristisch. Die von Plinius studierte Vesuverupction ist das klassische Beispiel. Drittens endlich wurde von Lacroix durch den Mt. Peléausbruch auf Martinique ein neuer Ausbruchstypus mit absteigender Eruptionswolke bekannt, die in einer Art Emulsion aus heissen Gasen und festem Material besteht. Diese Phase zerstört und erniedrigt den Vulkankegel. Der V. Grad erreicht den Schmelzpunkt eben. Das Material wird teils flüssig, teils halbfest gefördert. Bomben sind nur inwendig flüssig und besitzen aussen bereits eine feste Kruste. Das neue Material herrscht vor. In dieser Phase beginnt der Aufbau, die Erhöhung des Vulkans. Lava tritt höchstens in Form von Staukuppen zutage. Zu längeren Lavaströmen reicht die Temperatur nicht aus.

Als Effusivphase bezeichne ich den höchsten Intensitätsgrad VI. Der Schmelzpunkt ist überschritten. Das Material bricht im schmelzflüssigen Zustand hervor. Die Lavaströme können nach dem Ort ihrer Hervortretens noch weiter gegliedert werden.

Die Explosionserscheinungen treten nicht mehr in ihrer Auswirkung in den Vordergrund. Die strombolianische und hawaianische Tätigkeit gehört hierher. Das Temperaturintervall bestimmt sich ungefähr zu  $1200^{\circ}\text{--}1300^{\circ}$ .

### Die Förderleistung.

Zur Beurteilung der Grösse eines Ausbruchs ist die Kenntnis der geförderten Mengen erforderlich. Die Daten können nur durch Schätzung



gewonnen werden. Die geeignete Einheit ist der Kubikkilometer. Sapper hat folgende Einteilung eingeführt:

**Lavaströme :**

- $a_1 > 1$  cbkm I. Ordnung  
 $a_2 > 0,1$  cbkm II. Ordnung  
 $a_3 > 0,01$  cbkm III. Ordnung

**Lockermassen :**

- $b_1 > 1$  cbkm I. Ordnung  
 $b_2 > 0,1$  cbkm II. Ordnung  
 $b_3 > 0,01$  cbkm III. Ordnung.

Die Schätzung der gefördertten Mengen stützt sich häufig auf ungenaue, oft widersprechende Angaben und Beobachtungen. Sie fällt daher oft recht verschieden aus. Es wäre sehr wünschenswert, wenn die Regierungen der Länder, die tätige Vulkane zu überwachen haben, nach grösseren Ausbrüchen Aufnahmen vom Flugzeug aus machen würden und dieselben planimetrisch auswerten wollten. Die Methoden sind während des Weltkriegs zu grosser Vollkommenheit entwickelt worden. Die Wissenschaft würde auf diesem Wege in den Besitz exakterer Werte über die Förderleistung des Ausbruchs gelangen.

### Vergleichende Petrographie der vulkanischen Produkte.

Noch andere Fragen hat die moderne Vulkanologie zu beantworten, die tiefer in die genetischen Probleme der Erdkruste hineinführen, wie der Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen mit tektonischen Vorgängen, die Ursache der zeitlichen und räumlichen Änderungen der Laven in den Vulkangebieten usw. Da der Untergrund der Vulkane, zumal der tätigen, nur sehr unvollkommen enthüllt ist und sich der unmittelbaren Beobachtung entzieht, so kann die Beschaffenheit der vulkanischen Produkte und ihre Erforschung über ihre Bildungsbedingungen allein weitere Aufschlüsse geben. Die vergleichende Petrographie hat diese Aufgaben zu lösen. Solange man nicht darüber hinauskam, mit Hilfe des Mikroskops die mineralogische Zusammensetzung der Eruptivgesteine qualitativ zu ermitteln und die Strukturen zu beschreiben, fehlte die exakte Grundlage für derartige Vergleiche. Es muss daher zunächst diesem Mangel abgeholfen werden. Im folgenden soll der Versuch gemacht werden, eine möglichst einfache quantitative Methode der Gesteinsvergleichung zu gewinnen. Die Schwierigkeiten, die hierbei zu überwinden sind, sind gross. Das Eruptivgestein, das wir allein untersuchen können, ist doch nur der feste, vielfach auch noch durch spätere Vorgänge der Verwitterung z. T. veränderte Kristallisationsrest, der einen integrierenden Bestandteil, seine ursprünglichen flüchtigen Komponenten, fast ganz verloren hat. Wir wollen aber Aussagen über das ursprüngliche Magma und seine Bildungsbedingungen gewinnen. Trotzdem kann dieser Kristallisationsrest weitgehende Aufschlüsse gewähren. Seine chemische Zusammensetzung ist



durch die Bauschanalyse, seine mineralogische durch das Mikroskop zu ermitteln.

Beide müssen voneinander abhängig sein. Allein so einfach liegen die Verhältnisse nicht, dass aus einer bestimmten stofflichen Zusammensetzung stets dieselbe gleiche Mineralkombination resultieren muss. Sondern diese hängt ausserdem noch von den Bildungsbedingungen bei der Gesteinsgestaltung ab, also von der Vorgeschichte des Gesteins. Neben vielen anderen Faktoren werden Temperatur- und Druckgefälle dabei eine entscheidende Rolle spielen.

Aus der bekannten chemischen und mineralischen Zusammensetzung sind aber Rückschlüsse auf die Bildungsbedingungen zu gewinnen, die wiederum Licht auf manche vulkangenetische Fragen verbreiten.

Um nun die bei den mineralischen Gleichgewichten wirksamen Faktoren schärfer zu erfassen, sei noch einmal auf die bekannte Phasenregel  $F = B - P + 2$  (vergl. I. S. 101) zurückgegriffen.

Die Freiheiten  $F$  sind die Faktoren, von denen der Gleichgewichtszustand abhängt, also Temperatur, Druck und stoffliche Konzentrationen oder kurz die Bildungsbedingungen des Gesteins.

Die Bestandteile  $B$  oder Komponenten des Systems sind die voneinander unabhängigen Bestandteile, die beim Verschieben der Gleichgewichte mit einander reagieren und sich in dem einen oder anderen Sinne bewegen. Die Bestandteile entsprechen aber nicht den in der Bauschanalyse gefundenen Oxydmengen, sondern stellen bereits komplexere Moleküle, die Bruttokomponenten des Gesteins dar, wie im folgenden noch ausführlicher gezeigt werden wird. Sie lassen sich aus der Bauschanalyse durch Rechnung finden.

Die Zahl der Phasen  $P$  sind die räumlich unterscheidbaren, von Grenzflächen begrenzten und durch mechanische Operationen trennbaren Teile des Systems: als feste Phasen die ausgeschiedenen Kristallarten, ferner die einzige flüssige Phase, die als Glasgrundmasse im Gestein noch zur Beobachtung kommt, und die gasförmige Phase, die sich der Feststellung ganz entzieht.

In der Entwicklungsgeschichte eines Magmas ändern sich die Faktoren und damit verschieben sich dauernd die Mineralgleichgewichte, bis völlige Erstarrung eingetreten ist. Diesen Endzustand vermögen wir allein zu untersuchen. Die Einstellung auf einen Gleichgewichtszustand verlangt Zeit.

Häufig fixiert die schnelle glasige Erstarrung Gleichgewichtszustände höherer Temperatur- und Druckgebiete, vielfach erscheint der Gleichgewichtszustand gestört, bereits ausgeschiedene Kristalle sind in der Auflösung begriffen. In der Gesteinswelt sind divariante Gleichgewichte mit  $F = 2$  die Regel. Es können höchstens nur soviel Phasen (Mineralien) wie



Komponenten nebeneinander bestehen. (Goldschmidtsche Fassung der Phasenregel.) Ist eine Phase zuviel da, so verschwindet eine wieder, bis das Gleichgewicht sich eingestellt hat.

Monovariante Gleichgewichte mit  $F = 1$  sind Grenzfälle, die nur bei ganz bestimmten Temperatur-Druckbedingungen am Schmelzpunkt, am Umwandlungspunkt usw. bestehen bleiben.

Um zu einer quantitativen Methode der Gesteinsvergleichung zu gelangen, bieten sich zwei Möglichkeiten. Entweder, man sucht die Bestandteile B, die Bruttokomponenten, mit Hilfe der Bauschanalyse quantitativ zu erfassen, und vergleicht diese Grössen miteinander, oder man geht von den Phasen P, den Mineralien, aus. Auch diese lassen sich quantitativ ermitteln, ebenfalls unter Heranziehung der Bauschanalyse. Es ist dazu aber erforderlich, die Schliffe der analysierten Gesteine sehr genau auszumessen. Es wird dieser zweite Weg noch tiefere Einblicke in die Bildungsbedingungen der Mineralgleichgewichte gewähren. E. Lehmann<sup>1)</sup> hat ihn bei seinen Untersuchungen über die genetischen Beziehungen der Gesteine der Natronreihe eingeschlagen. Allein dieser Weg ist für die hier in Frage kommenden Zwecke ungangbar, es müsste vorher fast die ganze petrographische, mikroskopische und chemische Arbeit noch einmal quantitativ getan werden. So bleibt nur der erste Weg offen. Alle quantitativen Klassifikationsversuche sind ihn deshalb auch gegangen.

Die Norm der amerikanischen Petrographie und die Rosenbusch'schen Kerne im Osann'schen System entsprechen den Bestandteilen B. Jede auf diesem Prinzip beruhende quantitative Klassifikation ist daher eigentlich eine Klassifikation der Magmen und nicht der Gesteine.

### Die Bruttokomponenten.

Die Analysen der Eruptivgesteine zeigen, dass nur eine ganz beschränkte Zahl derselben Elemente sich stets an deren Zusammensetzung beteiligt. Die Hauptkomponenten sind:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Alle anderen Stoffe nehmen nur in relativ geringen Mengen teil und sind nicht für die Eigenart des Gesteins bestimmend, so  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , Seltene Erden,  $\text{MnO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ . Noch andere Elemente erscheinen meist nur in nicht wägbaren Spuren.

Es genügt für den Vergleich, die 9 Hauptkomponenten allein zu berücksichtigen und die akzessorischen Elemente denjenigen Hauptkompo-

<sup>1)</sup> E. Lehmann, „Die Gesteine der Natronreihe und ihre genetischen Beziehungen auf Grund der Gesteinsparagenesis der magmatischen Provinz am Nordende des Nyassa.“ Noch nicht erschienen.



nenten zuzuzählen, denen sie ihrem chemischen Verhalten nach am nächsten stehen.

Den Bestandteilen im Sinne der Phasenregel entsprechen nicht die in der Gewichtsanalyse gefundenen Oxyde, sondern für die Temperaturen beim Beginn der Kristallisation komplexere Moleküle, die bereits in der Schmelze im flüssigen Zustand fertig gebildet angenommen werden müssen. Niggli nennt diese notwendig anzunehmenden Mindestverbindungen Bruttokomponenten. Es sind dieselben zum grössten Teil Orthosilikate und nur wenige Oxyde.

Er unterscheidet folgende 14 Grundkomponenten oder Bruttokomponenten:

1. Spinell  $[\text{Al}_2\text{O}_4]\text{Mg}$  SP.  $2135^\circ = \text{Sp.}$
2. Magnetit  $[\text{Fe}_2\text{O}_4]\text{Fe}$   $1538^\circ = \text{Mt}$
3. Quarz  $\text{SiO}_2$   $= \text{Q}$
- Christobalit SP.  $1710^\circ$ , Tridymit SP.  $1670^\circ$   
 $\text{Christobalit} \xrightleftharpoons{1470^\circ} \text{Tridymit} \xrightleftharpoons{875^\circ} \alpha\text{-Quarz.}$
4. Sauerstoff  $\text{O}_2$   $= \text{O}$
5. Wasser  $\text{H}_2\text{O}$   $= \text{W}$
6. Natriumsilikat  $[\text{SiO}_4]\text{Na}_4$   $= \text{Ns}$
7. Kaliumsilikat  $[\text{SiO}_4]\text{K}_4$   $= \text{Ks}$
8. Kalkolivin (Kalziumorthosilikat)  
 $[\text{SiO}_4]\text{Ca}_2$  SP.  $2130^\circ = \text{Cao}$
9. Forsterit  $[\text{SiO}_4]\text{Mg}_2$  SP.  $1890^\circ = \text{Fo}$
10. Fayalit  $[\text{SiO}_4]\text{Fe}_2$  SP.  $1075^\circ = \text{Fa}$
11. Nephelin  $[\text{SiO}_4]_{\text{Na}}^{\text{Al}}$   
 $\text{Nephelin} \xrightleftharpoons{1248^\circ} \text{Carnegieit}$  SP.  $1526^\circ = \text{Ne}$
12. Kaliophililit (Phakelit, Kalinephelin)  
 $[\text{SiO}_4]_{\text{K}}^{\text{Al}}$  SP.  $>1700^\circ = \text{Kp.}$
13. Tschermaks Moleküle  
 $[\text{SiO}_6]_{\text{Ca}}^{\text{Al}_2}$  und  $[\text{SiO}_6]_{\text{Mg}}^{\text{Al}_2}$   $= \text{Ts.}$

Tschermaks Moleküle sind hypothetisch, wenigstens hat man das Kalksalz nicht synthetisch erhalten. Sie werden als Mischungskomponenten gewisser Augite und Hornblenden angenommen.

14. Glimmer  $[\text{SiO}_4]_{\text{H}}^{\text{Al}}$   $= \text{Gl.}$

Das Vorhandensein einer beschränkten Zahl von Bruttokomponenten, bis jetzt sind die obigen 14 sichergestellt, bedingt, dass die Differentiationsmöglichkeiten der Eruptivgesteine nicht unbeschränkt sind und ihre chemische Zusammensetzung nur innerhalb gewisser Grenzen variiert.

Den 9 Hauptbestandteilen einer chemischen Gesteinsanalyse können also höchstens 9 unter den oben aufgezählten Bruttokomponenten ent-



sprechen. Die Kombination kann eine verschiedene sein. Bestimmte Kombinationen treten jedoch am häufigsten auf.

1. Die Alkalien treten mit der Tonerde zu Tonsilikaten (Alumosilikaten) zusammen. (Ne, Kp, Gl, Ts). In alkalireichen Gesteinen reicht die Tonerde zur Absättigung nicht aus und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  übernimmt die Rolle der Tonerde z. T., es bilden sich Ferrisilikate. Das molekulare Verhältnis der Alkalien zu den Sesquioxiden ist stets 1 : 1.

2. Kalk bindet sich mit der Tonerde zu Kalktonsilikaten, wieder im Verhältnis  $\text{CaO} : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1 : 1 = \text{Ts}$ . Die Alkalitonsilikate haben jedoch den Vorrang.

3.  $\text{MgO}$  und  $\text{FeO}$  sowie der  $\text{CaO}$ -Rest, soweit er nicht in den Tonersilikaten verbraucht ist, bilden einfache Silikate: Cav, Fo, Fa.

Der Gestaltungsvorgang verläuft im allgemeinen bei sinkender Temperatur und Druck —, die Bruttokomponenten reagieren miteinander, und es bilden sich neue Molekülkomplexe.

### Die Nettokomponenten.

Während also die Bruttokomponenten die Ausgangsmolekelarten sind, sind die neuen die Nettokomponenten, die jeweils wirklich vorhandenen reellen Molekeln, die mit den äusseren physikalischen Faktoren, Temperatur und Druck, den Gleichgewichtszustand im Magma bedingen.

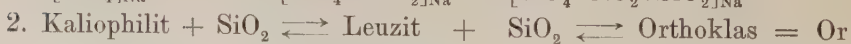
Die Mineralien, die schliesslich aus diesen verwickelten Systemen auskristallisieren, sind die verschiedenen festen Phasen im Sinne der Phasenregel.

### Reaktionen innerhalb der magmatischen Systeme.

#### 1. Additionsverbindungen. Anlagerungen.

Unter den Anlagerungen, die mit fallender Temperatur zunehmen, haben die Anlagerungen von  $\text{SiO}_2$  die grösste Bedeutung. Niggli, der auf ihre Existenz zuerst hingewiesen hat, nennt die Reaktionen Siliifizierungen.

#### A. Silifizierungsreaktionen.



Das Jadeitmolekül ist besonders in höheren Druckgebieten beständig. Für die Eruptivgesteine hat es eine geringe Bedeutung als Komponente gewisser Alkaliaugite und Hornblenden, SP. =  $1100^\circ$ ; die höchste



Silifizierungsstufe ist der Albit =  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 = \text{Ab}$ . Im übrigen behauptet sich Nephelin von  $1526^\circ$  abwärts. Neben Quarz kann Nephelin nicht vorkommen. Kaliophilit besitzt keine Bedeutung als selbständiger Bestandteil. Leuzit ist in höheren Druckgebieten, in Tiefengesteinen, nicht stabil und zerfällt in Orthoklas und Nephelin.

SP. des Leuzit  $1320^\circ$ . Die höchste Silifizierungsstufe des Orthoklas  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 = \text{Or}$ . SP.  $1200^\circ$ .

Nach Lemberg ist Nephelin + Orthoklas  $\longleftrightarrow$  Leuzit + Albit.

### 3. Tschermaks-Mol.

### Anorthit



Das Tschermaksche Kalk-Molekül liefert in höchster Silifizierungsstufe Anorthit  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ . SP.  $1550^\circ = \text{An}$ .

In der folgenden Tabelle S. 14 sind die Hauptbestandteile der magmatischen Systeme übersichtlich zusammengestellt.

Die Reaktionen sind so geschrieben, dass sie bei Temperaturerniedrigung von links nach rechts  $\longrightarrow$  verlaufen.

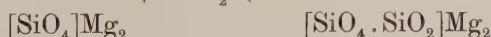
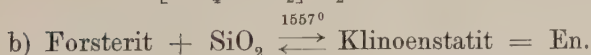
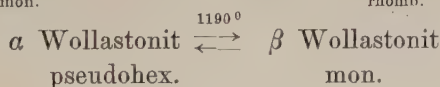
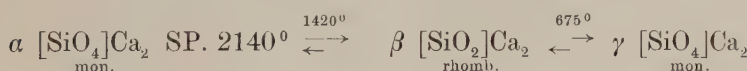
4. Die Olivingroup geht in Augite durch Addition von  $1\text{SiO}_2$  über.

### a) Kalziumorthosilikat

### Wollastonit



Der Kalkolivin erscheint in mehreren Modifikationen:



Dieses von Andersen und Bowen untersuchte Gleichgewicht ist für die Differentiation der Eruptivgesteine von allergrösster Bedeutung. Die höchste Silifizierungsstufe ist der Enstatit  $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ . Ein Magma enstatitischer Zusammensetzung scheidet zuerst Olivin aus, verbraucht damit weniger Kieselsäure. Erst von  $1557^\circ$  setzt die Augitausscheidung ein. Sind die Olivine abgesunken und damit der Resorption entrückt, so ist das Restmagma sauer geworden und kann neben Augit freien Quarz ausscheiden. Dieser Fall, er läuft auf einen inkongruenten Schmelzpunkt hinaus, lehrt, wie ein intermediäres Magma in ein basisches olivinreiches und in ein saures quarzhaltiges Spaltungsprodukt zerfallen kann.

Für die Bildung der tonerdehaltigen Augite kommt noch folgendes Gleichgewicht in Frage:



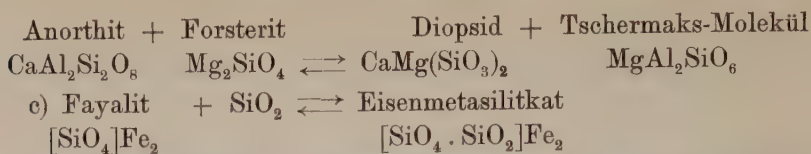
## Magmatische Hauptbestandteile.

| Chem. Zusammensetzung   | Bruttokomponenten und Nettokomponenten  |  |   | Feste Phasen der Eruptivgesteine   |  |
|-------------------------|---|--|---|--|--|
|                         | Oxydstufe   | Orthosilikatstufe  | Metasilikatstufe + $\text{SiO}_2$   | Trisilikatstufe + $2\text{SiO}_2$  | Additionsverb. d. mit Nichtsilikaten   |
| $\text{SiO}_2$          | 1. <i>Christobalit, Tridym.</i><br>mit. Quarz = Q<br>$\text{SiO}_2$ SP. 1710°<br>1470 875°<br>Christ. $\rightarrow$ Tridym. $\leftarrow$<br>$\alpha$ -Quarz |  | Natriummeta-<br>silikat<br>$[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2] \text{Na}_4$<br>SP. = 1088°   | Sodalith $3\text{Ne} \cdot \text{NaCl}$<br>SP. 1127—1135°  | Feldspatreihe:<br>Plagioklasse $\text{Ab}_m \text{An}_n$<br>Alkalifeldspate $\text{Or}_m \text{Ab}_n$  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 2. <i>Spinell</i> = Sp.<br>$[\text{Al}_2\text{O}_4]$ Mg<br>SP. 2135°  |  | Kaliummeta-<br>silikat<br>$[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2] \text{K}_4$  | Nosean<br>$3\text{Ne} \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$<br>SP. 1210—1235°<br>Hauyn<br>$3\text{Ne} \cdot \text{Ca}_3\text{CO}_3$<br>SP. 1140°   | Feldspatvertreter:<br>Leuzit SP. 1320<br>Nephelin: Mischungen $\text{Kp}_m \text{Ne}_n$  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 3. <i>Magnetit</i> = Mt<br>$[\text{Fe}_3\text{O}_4] \text{Fe}$<br>SP. 1538°   | 6. <i>Natrium-</i><br><i>silikat</i> = $\text{Ns}$<br>$[\text{SiO}_4] \text{Na}_4$ | $\text{Ägirin} = \text{Äg}$<br>$[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2] \text{FeNa}$<br>SP. = 950°  | Davyne<br>$3\text{Ne} \cdot \text{Na}_3\text{SO}_4$<br>Cancrinit<br>$3\text{Ne} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$  | (Glimmer:<br>Muskovit $\text{Kp}(\text{Gl})_3 = \text{Mu}$<br>Lepidomelan, Biotit, Anomit,<br>Phlogopit  |
| $\text{FeO}$            |   | 7. <i>Kalium-</i><br><i>silikat</i> = $\text{Ks}$<br>$[\text{SiO}_4] \text{K}_4$   |   | Analcim<br>$[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2] \cdot \text{Na} \cdot \text{H}_2\text{O}$  | Augite:<br>Diopsid $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_2 \cdot \text{Ca}_2\text{Mg}_2$ SP. 1395°<br>Hedenbergit<br>$[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_{12} \text{Ca}_2\text{Fe}_2$<br>$(\text{FeSiO}_3)_m$<br>$(\text{MgSiO}_3)_n$<br>Diopsid <sub>m</sub> Hedenbergit <sub>n</sub><br>Ägirin <sub>m</sub> Diopsid <sub>n</sub><br>Hedenbergit <sub>o</sub> |
| $\text{MgO}$            |   | 8. <i>Nephelin</i> = Ne<br>$[\text{SiO}_4] \text{Na}$<br>SP. 1526°                 | Jadait $\swarrow$<br>$[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2] \text{Na}$<br>SP. = 1036°<br>$\nwarrow$ Albit = Ab<br>$[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{SiO}_2] \text{Na}$<br>SP. 1100° | Chloridmarialith<br>$3\text{Ab} \cdot \text{NaCl}$<br>Sulfatmarialith<br>$3\text{Ab} \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$<br>Carbonatmarialith<br>$3\text{Ab} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ | Rhomb. Aug.<br>Diopsidreihe<br>Ägirinaugite  |



|                   |  |  |  |   |  |
|-------------------|--|--|--|---|--|
| CaO               | 9. <i>Kalio-<br/>philit</i> = Kp<br>[SiO <sub>4</sub> ] <sup>Al</sup> <sub>K</sub>                                 | Leuzit = Leu<br>[SiO <sub>4</sub> · SiO <sub>2</sub> ] <sup>Al</sup> <sub>K</sub><br>SP. = 1320°                             | <b>Orthoklas</b> = Or<br>[SiO <sub>4</sub> · SiO <sub>2</sub> · SiO <sub>2</sub> ] <sup>Al</sup> <sub>K</sub><br>SP. = 1200° | Enstatitangite<br><br>Diopsid <sub>m</sub> Heden-<br>bergit <sub>n</sub> Enstatit <sub>o</sub><br>Diopsid <sub>m</sub> Hedenb <sub>n</sub><br>Hyperthen <sub>o</sub>  | (Diopsid <sub>m</sub> Heden-<br>bergit <sub>n</sub> Enstatit <sub>o</sub> )<br>(Diopsid <sub>m</sub> Hedenb <sub>n</sub><br>Hyperthen <sub>o</sub> )   |
| K <sub>2</sub> O  | 10. <i>Glimmer</i> = Gl<br>[SiO <sub>4</sub> ] <sup>Al</sup> <sub>H</sub>  |  |  | Gemeine Augite<br>basaltisch. Aug.<br>mit<br>[Al <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> ]O <sub>3</sub>   | Mischungen:<br>CaSiO <sub>3</sub> · MgSiO <sub>3</sub><br>· FeSiO <sub>3</sub><br>Tschermarks Mol.<br>(Agrin, Jadeit ±)  |
| Na <sub>2</sub> O | 11. <i>Tschermarks<br/>Molekül</i> = Ts<br>[SiO <sub>6</sub> ] <sup>Al<sub>2</sub></sup> <sub>R</sub><br>R = Mg Ca | <b>Anorthit</b> = An<br>[SiO <sub>6</sub> · SiO <sub>2</sub> ] <sup>Al<sub>2</sub></sup> <sub>Ca</sub><br>SP. = 1550°        |  | Carbonatmejonit<br>3An · CaCO <sub>3</sub><br>Sulfatmejonit<br>3An · CaSO <sub>4</sub>  | Hornblenden:<br>Tremolit CaMg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub><br>Pargasit CaMg <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>12</sub><br>Aktinolith CaFe <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub><br>Glaukophan Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub><br>Riebeckit Na <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub><br>Arfvedsonit Na <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> |
| H <sub>2</sub> O  | 4. <i>Wasser</i> = W<br>H <sub>2</sub> O   | <b>Wollasto-<br/>nit</b> = Wo<br>[SiO <sub>4</sub> · SiO <sub>2</sub> ] <sup>Ca<sub>2</sub></sup><br>Inkongr.<br>SP. = 1540° |  | I. Anthophyllitreihe<br>II. Strahlstein, grüne Hornblende-<br>reihe<br>III. Richterit-Glaukophanreihe   |  |
|                   | 5. <i>Sauerstoff</i><br>O <sub>2</sub>   | <b>Klino-<br/>enstatit</b> = En<br>[SiO <sub>4</sub> · SiO <sub>2</sub> ] <sup>Mg<sub>2</sub></sup><br>Ink. SP. = 1557°      |  | IV. Basaltische Hornblende —<br>Barkevikit<br>V. Arfvedsonit — Riebeckitreihe<br>VI. Rhönit — Änigmatitreihe  |  |
|                   |  | 14. <i>Fayalit</i><br>[SiO <sub>4</sub> ] <sup>Fe<sub>2</sub></sup><br>SP. 1075°   |  | Augitvertreter:<br><u>Olivin</u> Fa <sub>m</sub> Fo <sub>n</sub> SP. 1310–1350°<br><u>Mellit</u> = 2An · 5Co SP. 1180°<br>III<br><u>Melanit</u> Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> SP. 925 950° |  |

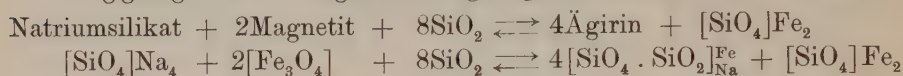




Das Existenzgebiet der Metasilikate beginnt etwa von 1550° an.

5. Etwas komplizierter sind die Reaktionen, die zur Bildung von Ferrisilikaten führen.

Niggli gibt für die Ägirinbildung folgende Silifizierungsreaktion an:



Der Ägirin  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$  ist die höchste Silifizierungsstufe.

Die höheren Silifizierungsstufen von Ns und Fa, nämlich  $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_{\text{Na}}^{\text{Fe}}$  und  $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]\text{Fe}_2$  sind Bestandteile gewisser Alkalihornblenden, Änigmatite usw.

## B. Additionsverbindungen zwischen Silikaten und Nichtsilikaten und flüchtigen Verbindungen.

Das Bildungsgebiet solcher Additionsverbindungen liegt tief.

Die Mineralien der Sodalithgruppe gehen vom Nephelin aus:

Sodalith =  $3\text{Ne} \cdot \text{NaCl}$  SP. 1127—1135°; Nosean =  $3\text{Ne} \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$  SP. 1210°—1225°; Hauyn =  $3\text{Ne} \cdot \text{CaSO}_4$  SP. 1140°.

Davyn =  $3\text{Ne} \cdot \text{CaCl}_2$ , Cancrinit =  $3\text{Ne} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Analcim ist  $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_{\text{Na}}^{\text{Al}} \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Die Skapolithgruppe schliesst sich an den Feldspat an.

Chloridmarialith  $3\text{Ab} \cdot \text{NaCl}$ , Sulfatmarialith  $3\text{Ab} \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ ,

Carbonatmarialith  $3\text{Ab} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ , Sulfatmejonit  $3\text{An} \cdot \text{CaSO}_4$ ,

Carbonatmejonit  $3\text{An} \cdot \text{CaCO}_3$ .

Eine besonders komplex zusammengesetzte Gruppe ist die Glimmergruppe. Man unterscheidet unter den gesteinsbildenden Glimmern helle Tonerdeglimmer (Muskovitreihe) und dunkle Magnesiaeisenglimmer (Biotitreihe).

Der Muskovit  $\text{KH}_2 \cdot \text{Al}_3 \cdot (\text{SiO}_4)_3$  ist ein saures Kaliumsalz der Tonkieselsäure  $\text{HAl} \cdot \text{SiO}_4$ . Das Glied  $\text{H}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_2$  ist durch ein entsprechendes  $\text{H}_2\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_2$  z. T. ersetzbar. Mit zunehmendem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ändern sich, wie W. Kunitz<sup>1)</sup> festgestellt hat, Achsenwinkel, Brechungsexponenten und Dicht<sup>II</sup> kontinuierlich. Zu einem kleinen Teil kann Al durch Mg und Fe ersetzt werden. Diese Ersetzung trägt den Charakter der Verunreinigung, die bei komplexen Silikaten häufig in Erscheinung tritt. Die Biotitreihe stellt

<sup>1)</sup> W. Kunitz, Inauguraldissertation. Halle 1922.



eine Mischkristallreihe der beiden sauren Silikatendglieder Phlogopit  $= \text{KAlSiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_4)_2$  und Lepidomelan  $\text{KAlSiO}_4 \cdot \text{H}_2\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_3(\text{SiO}_4)_2$  dar, wiederum ändern sich Brechungsexponenten und Dichte mit zunehmendem FeO-gehalt, während der Achsenwinkel um  $0^\circ$  schwankt und von  $\gamma$ — $\beta$  empfindlich beeinflusst wird. Bei den Lepidomelanen findet ein teilweiser Ersatz von Al durch  $\overset{\text{III}}{\text{Fe}}$  statt, bei den Phlogopiten tritt für OH F ein. Ein geringfügiger Ersatz von Al durch  $\overset{\text{II}}{\text{R}}$  trägt den Charakter der Verunreinigung.

Es setzen sich gelegentlich um:

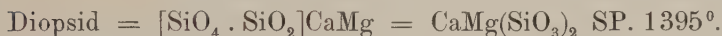


Letztere Kombination erscheint mit Vorliebe in Tiefengesteinen, erstere in Ergussgesteinen.

### C. Doppelsalze.

Ebenfalls nimmt mit fallender Temperatur die Neigung zur Doppelsalzbildung zu.

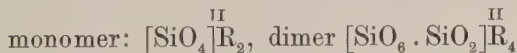
Die wichtigsten Beispiele sind:



### 2. Polymerisationsreaktionen.

In den vorhergehenden Abschnitten sind für die Formeln der Mineralien und Molekeln z. T. die kürzesten Schreibweisen gewählt worden. Diese Formeln sind keine Konstitutionsformeln, die Auskunft geben könnten über die Art und Weise der Lagerung der Atome und Atomgruppen innerhalb des Moleküls. Sie sagen ferner nichts darüber aus, ob die betreffende Molekelart nicht ein Vielfaches der kürzesten Schreibweise ist. Eine Verdoppelung oder Verdreifachung usw. des Moleküls und der damit verknüpften Umgruppierung der Atome und Atomgruppen nennt man Polymerisation. Dieser Vorgang mag an einem von Niggli entnommenen Beispiel näher erläutert werden. Die in der Olivingruppe enthaltene Molekelgruppe  $[\text{SiO}_4]$  kann verdoppelt sich in der folgenden Weise umlagern  $[\text{SiO}_4]_2 \rightleftharpoons [\text{SiO}_6 \cdot \text{SiO}_2]$ .

Demnach lässt sich das Olivinsilikat schreiben:



trimer  $[\overset{\text{II}}{\text{R}} (\text{SiO}_4)_3]\overset{\text{II}}{\text{R}}_6$  und hexamer  $[\overset{\text{II}}{\text{R}} (\text{SiO}_6 \cdot \text{SiO}_2)_3]\overset{\text{II}}{\text{R}}_{11}$ , in den beiden letzten Fällen übernimmt ein  $\overset{\text{II}}{\text{R}}$  die Rolle des Zentralatoms.



Im Verhältnis der Polymerisation stehen ferner Augit und Hornblende zueinander und zwar sind die letzteren höhere Polymerisationsstufen, deren Bildungsgebiet bei tieferen Temperaturen liegt. Die monotrope Umwandlung Kupferit  $\rightarrow$  Klinonostatit ist von  $1050^{\circ}$  an möglich, bei  $1150^{\circ}$  bedeutend. Unsere Kenntnis über derartige Polymerisationsvorgänge ist zur Zeit noch ausserordentlich gering. Doch ist von der so überaus fruchtbaren Wernerschen Koordinationslehre der Komplexverbindungen und von der Aufdeckung der Kristallstruktur mit Hilfe der Röntgendurchleuchtung weitere Aufklärung zu erwarten. Die Hornblenden scheinen einen primären Wassergehalt zu besitzen, sie würden sich damit der Glimmergruppe nähern. Das Verhältnis von  $\text{Ca} : \text{Mg} =$  ist bei ihnen  $1 : 3$ , beim Augit gewöhnlich  $1 : 1$ .

Auch Carnegieit und Nephelin stehen in diesem Verhältnis zueinander. Nephelin ist die höhere Polymerisationsstufe.

### 3. Dissoziationen.

Das Magma ist elektrolytisch leitend und daher auch bis zu einem gewissen Grade elektrolytisch dissoziiert. Der Grad der Dissoziation nimmt mit der Temperatur zu. Die Dissoziationerscheinungen bilden eine weitere Komplikation.

### 4. Abtrennung der flüchtigen Phase.

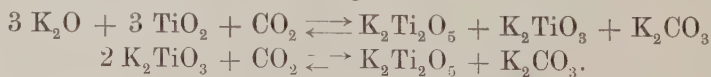
Durch neuere Untersuchungen von Niggli ist der Trennungsvorgang der flüchtigen Komponenten geklärt worden. Da dieser Vorgang für die vulkanischen Erscheinungen von grundlegender Bedeutung ist, sollen die Ausführungen des I. Bandes an dieser Stelle ergänzt werden:

Es sind zwei prinzipiell verschiedene Fälle zu unterscheiden:

#### 1. Kristallisation unter Gasabsorption.

Das System  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  und  $\text{CO}_2$  im Temperaturbereich  $1000^{\circ}$ — $900^{\circ}$  ist ein vorzügliches Beispiel für diesen Typus.

In der Schmelze bilden sich Molekel, wie  $\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$  und  $\text{K}_2\text{TiO}_3$ . Der Vorgang spielt sich in folgender Weise ab:



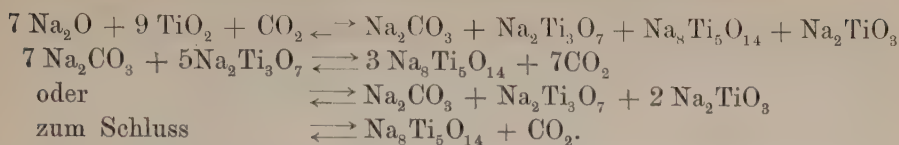
Die flüchtige Phase tritt in die Verbindung ein.

#### 2. Kristallisation unter Gasabgabe.

Für diesen Typus ist das System  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  und  $\text{CO}_2$  charakteristisch.

Der Vorgang spielt sich so ab:



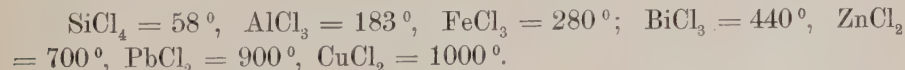


Die Natriumtitanate werden mit fallender Temperatur komplexer und damit werden wachsende Mengen  $\text{CO}_2$  in Freiheit gesetzt. Mit fallender Temperatur steigert sich also der Gasdruck. Ist die Innenspannung nun soweit angewachsen, dass sie den Aussendruck überwinden kann, so tritt Sieden ein. Retrogrades Sieden, Sieden unter Temperaturabnahme, nennt Niggli diesen Vorgang und die auf diese Weise eingeleitete Destillation retrograde Destillation.

In Systemen mit einer nicht flüchtigen Komponente und zwei flüchtigen Bestandteilen verschiedenen Flüchtigkeitsgrades werden die Verhältnisse entsprechend verwickelter. Im isobaren Temperatur-Konzentrationsdiagramm eines solchen ternären Systems, welches für bestimmten konstanten Druck entworfen wird, lassen sich die ablaufenden Prozesse vollkommen übersehen. Ähnlich wie bei der Erstarrung der Schmelzen sind verschiedene Fälle zu unterscheiden, die sich mit eutektischen und dystektischen Schmelzen vergleichen lassen. Die magmatische Destillation kann bis zur Erschöpfung der flüchtigen Phasen fortlaufen, wenn der Dampfdruck der gesättigten Lösung grösser als der äussere Druck ist, oder sie ist nur eine Episode im Abkühlungsprozess, wenn der äussere Druck zwischen den Maximaldruckwerten der beiden flüchtigen Bestandteile liegt, oder die Destillation der leichtflüchtigen Komponenten erreicht ihr Ende, bevor eine Komponente aus dem Dampf verschwunden ist (die Gemische besitzen ein Dampfdruckmaximum), endlich kann sich unter Umständen die Destillation nur auf randliche Konzentrationsgebiete beschränken. (Auftreten eines Dampfdruckminimums.)

Im allgemeinen, wenn keine Dampfdruckmaxima oder -minima vorhanden sind, werden die Komponenten in der Reihenfolge ihrer Flüchtigkeit fortsieden. Im pneumatolytischen Kontakthof des Kristianiagebiets folgen die Exhalationen in der Weise:

Si, Al, Fe, Bi, Zn, Pb, Cu. Die Siedepunkte ihrer Chloride für 1 Atm. Druck sind:



### 5. Mischkristallbildung.

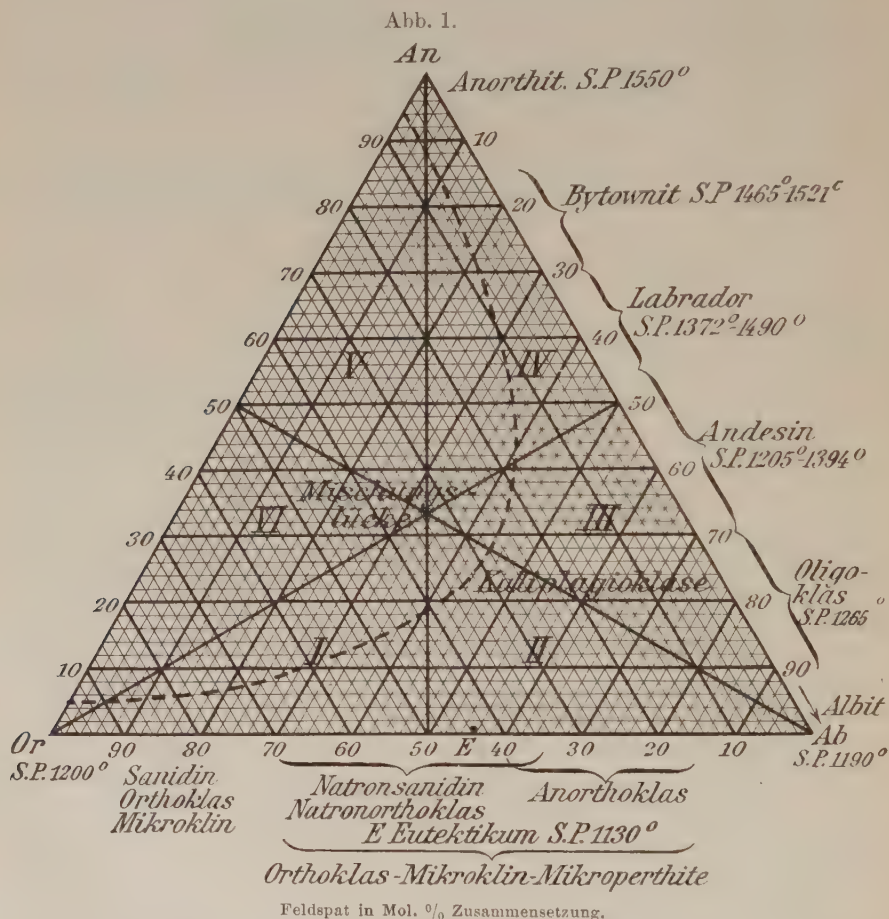
Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Bruttokomponenten erscheinen nur in sehr geringem Umfang rein in den Mineralien. Meist stellen die Mineralien Mischkristalle dar.



Den kürzesten Überblick über die mannigfaltigen Mischungsverhältnisse geben bildliche Darstellungen der Mischungskomponenten.

### 1. Feldspate. Abb. 1.

Die Abgrenzung der Mischungslücken zwischen Or und An ist nach den Dittlerschen Schmelzversuchen eingezeichnet.



Das Diagramm des ternären Feldspaltsystems  $Or_p Ab_m An_n$  wird durch die Höhen des gleichseitigen Dreiecks in die Sextanten I—VI gegliedert. Die Felder sind durch abwechselndes Vorherrschen einer Komponente ausgezeichnet.

I—VI Orthoklas- (Kali-) Vormacht.

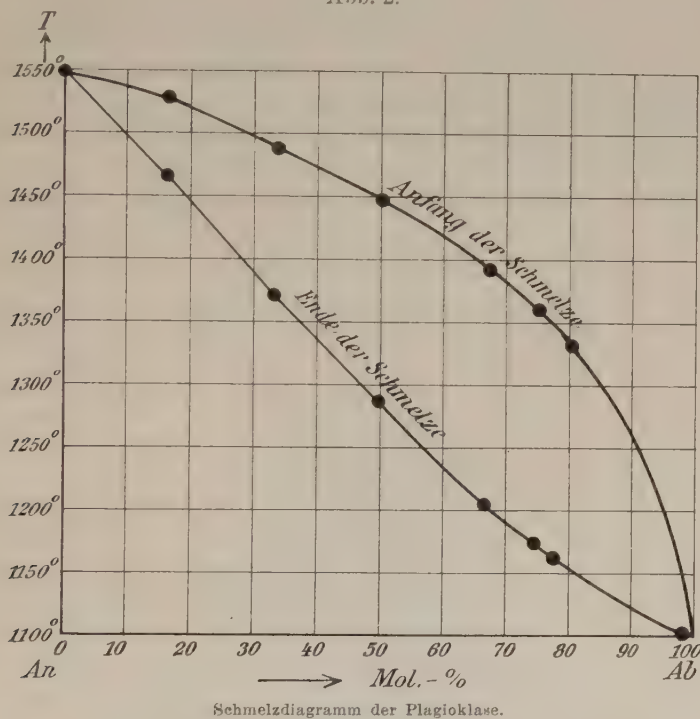
II—III Albit- (Natron-) Vormacht.

IV—V Anorthit- (Kalk-) Vormacht.



Die Schmelzpunkte der Kalknatronfeldspate oder Plagioklase sind:  
 Anorthit  $1550^{\circ}$ , Bytownit  $1465-1521^{\circ}$ , Labrador  $1372-1490^{\circ}$ ,  
 Andesin  $1205-1394^{\circ}$ , Oligoklas  $1265^{\circ}$ , Albit  $1190-1220^{\circ}$ , Orthoklas  
 ca.  $1200^{\circ}$ .

Abb. 2.



Schmelzdiagramm der Plagioklase.

Die monokline Modifikation des  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  hat man Barbierit genannt.

Die Feldspatvertreter sind Leuzit und Nephelin.

Der Leuzit  $\alpha \xrightleftharpoons{700^{\circ}} \text{Leuzit } \beta$  SP.  $1305-1328^{\circ}$  Doelter,  $1320-1370^{\circ}$  Dittler.  
 reg. rhomb.

Auch der Nephelin erscheint in zwei Modifikationen.

Carnegieit  $\xrightleftharpoons{1248^{\circ}} \text{Nephelin}$ .

Carnegieit SP.  $1526^{\circ}$ , natürlicher Nephelin unterhalb  $1370^{\circ}$  Bowen,  $1110-1160^{\circ}$  Doelter.

Die natürlichen Leuzite und Nepheline sind Mischkristalle zwischen dem Kalium- und dem entsprechenden Natriumsilikat.

Dieser Umstand bedingt die Schmelzpunkterniedrigung der natürlichen Kristalle gegenüber den synthetischen.

Barbierit sowohl wie Carnegieit können mit den Feldspaten Mischungen



eingehen. Derartige Mischungen kommen in der Kalinatronfeldspatreihe sowie in der Kalknatronfeldspatreihe vor (Anemousit).

## 2. Glimmer- und Olivingruppe.

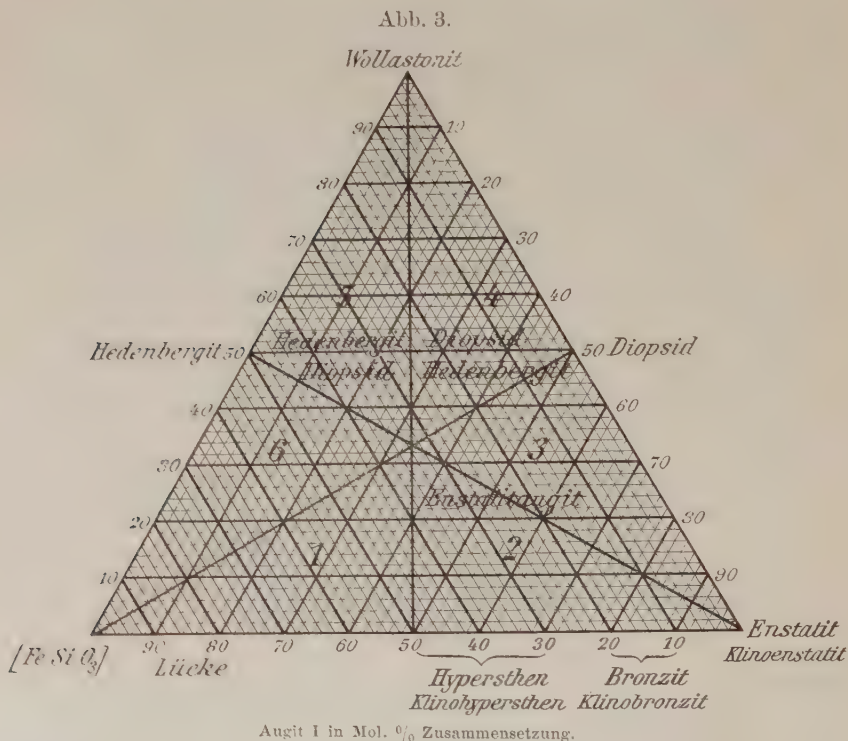
Ausgezeichnete Mischungsreihen zeigen die Olivine.

Die beiden Endglieder sind Fayalit  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  und Forsterit  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ .

In der Biotitreihe sind nach den Arbeiten von Kunitz die beiden Endglieder Phlogopit  $\text{KAl}(\text{SiO}_4) \cdot \text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_4)_2$  und Lepidomelan  $\text{KAlSiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{Fe}_3(\text{SiO}_4)_2$  anzunehmen. In beiden Fällen ändern sich die physikalischen Konstanten in erster Linie mit dem FeO-Gehalt.

## 3. Augitgruppe.

Abb. 3 und Abb. 4 stellt die Mischungsverhältnisse der Augitfamilie dar.



Es sind Doppelverbindungen und Mischungsreihen zu unterscheiden.  
Diopsid  $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_2\text{Ca}_2\text{Mg}_2$  SP. 1395°;

Hedenbergit  $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_2\text{Ca}_2\text{Fe}_2$  SP. 1140°;

Ägirin (Akmit)  $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_{\text{Na}}^{\text{Fe}}$  SP. 950°;



Jadeit  $[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2]_{\text{Na}}^{\text{Al}}$  SP. = 1036 °?

Reihe der rhombischen Augite: Mischungen der Silikate  $\text{FeSiO}_3$  und  $\text{MgSiO}_3$ .

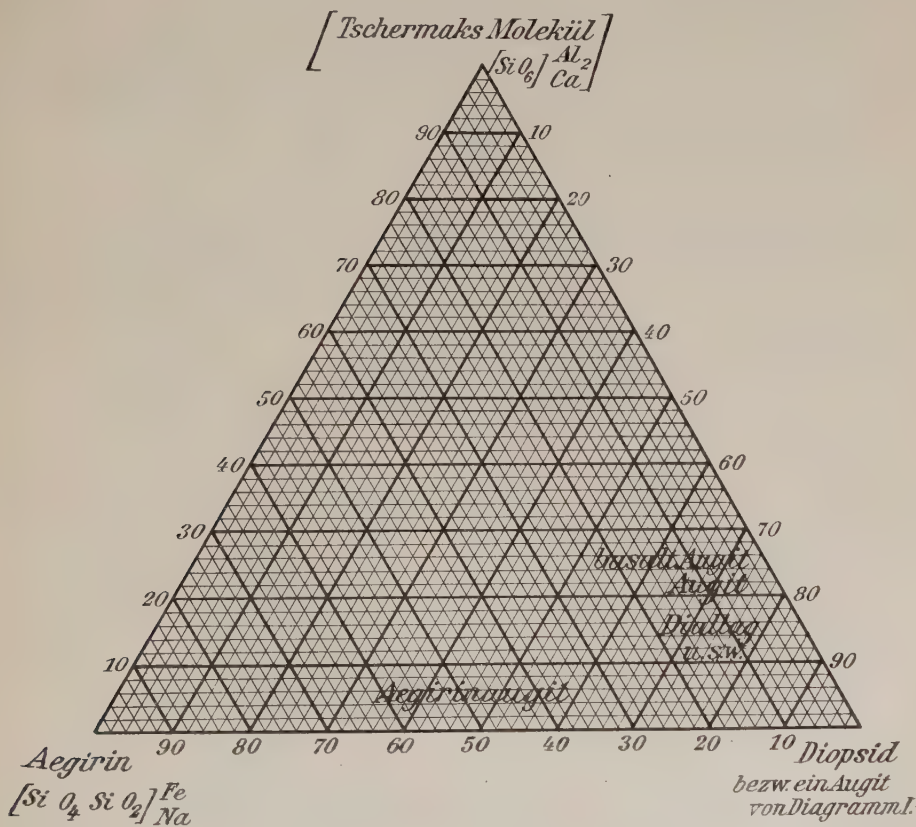
Diopsidreihe: Mischungen Diopsid, Hedenbergit.

Enstatitaugite: Mischungen; Diopsid, Hedenbergit,  $\text{FeSiO}_3$  und  $\text{MgSiO}_3$ .

Ägirinaugite: Mischungen, Ägirin, Diopsid, Hedenbergit.

Gemeine Augite (sesquioxidhaltige). Diese Reihe ist am wenigsten geklärt. Entweder sind die Sesquioxide in fester Lösung anzunehmen oder es tritt zu den vorigen Komponenten noch das Tschermaksche Molekül  $\text{Ts} = [\text{SiO}_6]_{\text{Ca}}^{\text{Al}_2}$  hinzu, letzteres ist synthetisch noch nicht erhalten worden.

Abb. 4.



Augit II in Mol. % Zusammensetzung.

Ein Alkaligehalt kann auf Ägirin und Jadeit zurückgeführt werden. Gemeiner Augit, basaltischer Augit, Fassait, Omphazit, Diallag z. T. sind Glieder dieser Reihe.

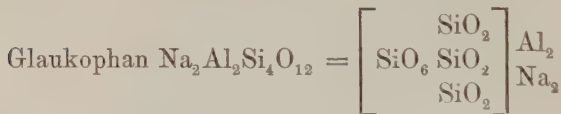
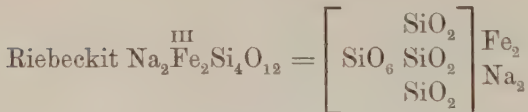
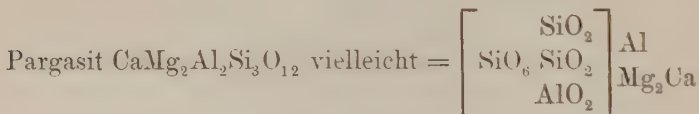


## 4. Hornblendegruppe.

Ist die Zusammensetzung der Augitgruppe nicht restlos geklärt, so gilt das in erhöhtem Maße für die Hornblendegruppe. Besonders ist die Rolle des Wassers völlig unbekannt. Im allgemeinen entsprechen die Hornblenden den Augiten, wenn auch die Radikale nicht im Verhältnis 1:1, sondern 1:3 vorkommen.

Das reine Silikat  $\text{FeSiO}_3$ , das in der Augitgruppe nicht bekannt ist, erscheint als Grunerit. Eine dem Wollastonit entsprechende Hornblende fehlt.  $\text{MgSiO}_3$  kommt ebenfalls nicht völlig rein vor.

Bemerkenswerte Doppelverbindungen sind:



Die Hornblenden sind Mischkristalle einmal von den drei Grundmetasilikaten  $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{SiO}_3$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{R}} = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}$ , in den Alkalihornblenden treten die Metasilikate  $\overset{\text{I}}{\text{R}}_2\text{SiO}_3$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{R}} = \text{Na}, \text{K}$ , hinzu.

Viele Hornblenden sind sesquioxydhaltig. Man kann  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  einmal mit Rammelsberg und Boeke als in fester Lösung annehmen, eine Annahme, welche die Deutung der komplizierten Verhältnisse wesentlich vereinfachen würde, oder man wird zur Aufstellung einer Reihe von hypothetischen Molekülkomplexen genötigt, wie des Tschermakschen Moleküls  $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$  und ähnlich gebauter Verbindungen von Mg, Fe für Ca bzw. Fe für Al. Sicher erwiesen ist nur das Glaukophanmolekül  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , das eine Blaufärbung der Hornblenden bedingt, und das



Arfvedsonitmolekül  $\text{Na}_2\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , das Riebeckitmolekül  $\text{Na}_2\overset{\text{III}}{\text{Fe}}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , die Hauptkomponenten der blaugrün durchsichtigen Natroneisenamphibole, die sich durch die Oxydationsstufe des Eisens unterscheiden. Die Aufrechnung vieler Amphibolanalysen hat aber gezeigt, dass die Kieselsäure für Metasilikate nicht ganz ausreicht. In derartigen Hornblenden muss demnach eine Orthosilikat-Komponente stecken. Ob dieselbe nun eine komplexe Verbindung ist, wie das von Scharizer als Syntagmatit angenommene granatähnliche Silikat  $\overset{\text{II}}{\text{R}}_3\overset{\text{III}}{\text{R}}_2[\text{SiO}_4]_3$  oder vielmehr vom Olivintypus  $\overset{\text{II}}{\text{R}}_2\text{SiO}_4$  ist, soll nicht entschieden werden.

Eine letzte Gruppe titanhaltiger Hornblenden enthält sicher neben Metasilikaten auch Orthosilikate. In welchem Verhältnis diese in vieler Beziehung abweichenden Amphibole zur engeren Hornblendefamilie stehen, bedarf gleichfalls noch der Klärung.

Die nachfolgende Übersicht soll dem Zwecke dienen, die Zusammengehörigkeit verwandter Hornblenden zu übersehen.

### I. Magnesia-Eisenhornblenden:

- a) Rhomb. und mon. Mischkristalle von  $\text{MgSiO}_3$  —  $\text{FeSiO}_3$ .  
Anthophyllit, Kuppferit, Cummingtonit, Grunerit.
- b) Sesquioxydhaltige Nebenreihe: Gedrit.

### II. Kalk-Magnesia-Eisenhornblenden:

- a) Strahlsteinreihe:  
Aktinolith  $\overset{\text{II}}{\text{CaFe}}_3[\text{SiO}_3]_4$  — Tremolit  $\text{CaMg}_3[\text{SiO}_3]_4$ .
- b) Sesquioxydhaltige Nebenreihe:  
Pargasit  $\text{CaMg}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ , Soretit, Edenit, grüne Hornblende; gelegentlich tritt Glaukophan hinzu.

### III. Alkalihornblenden:

- a) Richteritreihe: Metasilikate von Ca, Mg, Mn, Fe und  $\text{Na}_2$ ,  $\text{K}_2$ .
- b) Sesquioxydhaltige,  $\overset{\text{III}}{\text{R}}_2\text{O}_3$ , vorherrschend  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Nebenreihen:  
Glaukophan  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , Gastaldit.

### IV. Syntagmatitische Hornblenden. (Basaltische Hornblende).

Sesquioxydhaltige Alkalihornblenden, die aus Metasilikaten und Orthosilikaten sich zusammensetzen.

Neben  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tritt  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  stärker hervor und bedingt die Braun-



färbung im durchfallenden Licht. Diese Reihe schliesst sich an die gemeinen grünen Hornblenden an.

Basaltische Hornblende, Syntagmatit, Barkevikit, Kataphorit.

Das letzte Glied stellt den Übergang zur folgenden Reihe her.

#### V. Natroneisenhornblenden:

Im wesentlichen Mischungen von Natriumferro- und Natriumferri-metasilikaten.

Die beiden Pole sind Arfvedsonit  $\text{Na}_2\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_3[\text{SiO}_3]_4$  und Riebeckit  $\text{Na}_2\overset{\text{III}}{\text{Fe}}_2[\text{SiO}_3]_4$ , dazu treten noch andere Mischungsglieder. Die Farbe im durchfallenden Licht ist blaugrün bis schwarz.

Arfvedsonit, Bababudanit, Hastingsit, Osannit, Crossit, Rhodusit, Krokydolith, Riebeckit.

#### VI. Titanhornblenden;

Metasilikate und Orthosilikate mit höherem Titangehalt.

Es sind Alkaliferro- und -ferrisilikate komplexer Zusammensetzung. Dunkel und kaum durchsichtig.

Kärsutit und Linosit im wesentlichen  $5 \cdot \text{R}(\text{SiTi})\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ .

Rhönit  $(\text{CaNa}_2\text{K}_2)_3\text{Mg}_4\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_2\text{Al}_4(\text{SiTi})_6\text{O}_{30}$ . (Söllner.)

Cossyrit  $\text{H}_4\text{Na}_6\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_{15}\overset{\text{III}}{\text{Fe}}_2(\text{SiTi})_{22}\text{O}_{67}$ .

Änigmatit  $(\text{H}_2\text{Na}_2\text{K}_2)_2(\text{FeMnCaMg})_9(\overset{\text{II}}{\text{Fe}}\text{Al})_2(\overset{\text{III}}{\text{SiTi}})_{12}\text{O}_{98}$ .

#### 4. Augitvertreter.

Wie für die Feldspathgruppe in basischen Gesteinen die Feldspatvertreter Leuzit und Nephelin eintreten, kann für die Augitgruppe ebenfalls ein Ersatz durch weniger saure Silikate vor sich gehen.

a) Olivin, Mischkristalle von Forsterit  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  und Fayalit  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ . SP. 1310—1350°, Forsterit SP. 1890°, Hyalosiderit  $\text{Fe}_2\text{Fa}$ , SP. 1220—1240°. Der Schmelzpunkt fällt stark mit zunehmendem Fayalitgehalt. Fayalit 1075° (Rosenbusch).

b) Melanit, ein Glied der Granatfamilie.



c) Melilith. Der Melilith ist eine Doppelverbindung, die in verschiedener Weise gedeutet wird. Vogt fasst ihn als Mischung des optisch positiven Akermanit  $\overset{\text{II}}{\text{R}}_4\text{Si}_3\text{O}_{10}$  mit dem optisch negativen Gehlenit  $\overset{\text{II}}{\text{R}}_3\overset{\text{III}}{\text{R}}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$  auf, wo  $\overset{\text{II}}{\text{R}} = \text{Ca}$  und untergeordnet  $\overset{\text{III}}{\text{MgFe}}$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{R}} = \text{Al}$  unter-



geordnet Fe ist, Zambonini als Gehlenit mit Metasilikat  $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{SiO}_3$ , Bodländer als  $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{SiO}_3$  mit Spinell  $\overset{\text{II III}}{\text{RR}}_2\text{O}_4$ .

Eine dritte Deutung setzt Melilith = Anorthit + Calciumorthosilikat.

Bourgois zeigte, dass der reine Kalkmelilith  $2[\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8] \cdot 5\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  aus Schmelzen nicht kristallisiert, aber zu erhalten ist, wenn Ca teilweise durch Mg und Al durch  $\overset{\text{III}}{\text{Fe}}$  ersetzt wird.

Melilith =  $2[(\text{CaMg})(\text{AlFe})_2\text{Si}_2\text{O}_8] \cdot 5(\text{CaMg})_2\text{SiO}_4 = 2[\text{SiO}_6 \cdot \text{SiO}_2] \begin{matrix} (\text{AlFe})_2 \\ (\text{CaMg}) \end{matrix}$   
 $+ 5[\text{SiO}_4](\text{CaMg})_2$  oder vereinfacht = 2 An + 5 Kalkolivin, SP. 1150°.

Der Melilith ist offenbar das Ergebnis der Assimilation von Kalk und daher kaum ein ursprünglicher magmatischer Bestandteil.

In den vorausgegangenen Ausführungen sind nur die Hauptbestandteile des Magmas, die den Mineralbestand der Eruptivgesteine bestimmen, der, für ihre systematische Stellung und Klassifikation allein von entscheidender Bedeutung ist, berücksichtigt worden. Alle anderen Bestandteile treten nur in geringer Konzentration auf und erscheinen in den akzessorischen Gemengteilen oder Nebengemengteilen, welche in grosser Anzahl sich finden. Es mag ein kurzer Hinweis auf die häufigsten dieser Bestandteile genügen, wie

Zirkon  $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ , SP. 2000°, Apatit  $[\text{Ca}(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3](\text{F}_2\text{Cl}_2)$ ,  
 SP. Chlorapatit 1530°; Fluorapatit 1650°.

Titaneisen (Ilmenit)  $\text{FeTiO}_3$ , Titanit  $[\text{SiO}_4]\text{TiCa}$ , SP. 1230° usw.

Da zur Beurteilung von Differentiationsvorgängen die Dichte und die Schmelzpunkte häufiger gebraucht werden, habe ich in den folgenden Tabellen die gesteinsbildenden Mineralien nach Schmelzpunkt und Dichte geordnet.

## Die gesteinsbildenden Mineralien nach dem Schmelzpunkt geordnet.

Die Schmelzpunkte stellen die obere Temperaturgrenze des Existenzbereiches eines Minerals dar, in der Tabelle sind bei Schmelzintervallen nur die oberen Temperaturen angegeben.

|       |                               |       |                               |
|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|
| 2585° | Baddeleyit ( $\text{ZrO}_2$ ) | 1710° | $\text{SiO}_2$ (Christobalit) |
| 2135° | Spinell $\text{MgAlO}_4$      | 1670° | Chrom Eisen                   |
| 2130° | Calciumorthosilikat           | 1650° | Fluorapatit                   |
| 2000° | Zirkon                        | 1557° | Klinoenstatit                 |
|       |                               | 1550° | Anorthit                      |
| 1890° | Forsterit                     | 1538° | Magnetit                      |
| 1811° | Sillimanit                    | 1530° | Chlorapatit                   |



|       |                              |       |  |
|-------|------------------------------|-------|--|
| 1526° | Carnegieit                   | 1200° | Augit  |
| 1490° | Labrador $Ab_1An_3$          | 1200° | Orthoklas                                    |
| 1470° | $\alpha$ -Quarz              |       |  |
| 1445° | Olivin                       | 1185° | Magnetkies                                   |
| 1400° | Bronzit                      | 1180° | Melilith                                     |
|       |                              | 1175° | Pargasit                                     |
| 1395° | Diopsid                      | 1160° | Nephelin                                     |
| 1394° | Andesin $Ab_3An_1$           | 1155° | basaltische Hornblende                       |
| 1370° | Leuzit                       | 1155° | Lepidomelan                                  |
| 1362° | Andesin Oligoklas $Ab_3An_1$ | 1140° | Hedenbergit                                  |
| 1334° | Oligoklas $Ab_4An_1$         | 1140° | Sodalith, Hauyn                              |
| 1290° | Phlogopit                    | 1100° | Andalusitumwandlung                          |
| 1290° | Muskovit                     |       |  |
| 1265° | Oligoklas Albit $Ab_8An_1$   | 1095° | Barkevikit                                   |
| 1248° | Nephelin Umwandlungspunkt    | 1075° | Fayalit                                      |
| 1240° | Hyalosiderit                 | 1055° | Glaukophan                                   |
| 1240° | Biotit                       | 1036° | Jadeit                                       |
| 1235° | Nosean                       | 950°  | Ägirin                                       |
| 1230° | Titanit                      | 950°  | Melanit                                      |
| 1220° | Albit                        | 940°  | Arfvedsonit                                  |
| 1210° | Hypersthen                   | 875°  | Tridymit $\longleftrightarrow \alpha$ -Quarz |

### Die gesteinsbildenden Mineralien nach der Dichte geordnet.

| Dichte | Mineralien   | Dichte | Mineralien                         |
|--------|--|--------|------------------------------------|
|        | A. Leukokrate Mineralien.                                | 3,3    | Diopsid, Jadeit, Riebeckit, Olivin |
| 2,2    | Sodalith   | 3,4    | Titanit, Arfvedsonit               |
| 2,3    | Sodalith, Nosean   | 3,5    | Hypersthen, Titanit, Magnetkies    |
| 2,4    | Cancrinit  | 3,6    | Spinell                            |
| 2,5    | Orthoklas, Leuzit, Nephelin                              | 3,7    |                                    |
| 2,6    | Quarz, Anorthoklas, Andesin, Oligoklas, Albit, Marialith | 3,8    | Granat                             |
|        |  | 3,9    | Melanit                            |
| 2,7    | Labrador, Bytownit, Anorthit, Mejonit                    | 4,0    | Perowskit, Melanit                 |
|        |  | 4,1    | Melanit                            |
| 2,8    | Muskovit, Wollastonit, Eudialyt                          | 4,2    | Rutil                              |
|        |  | 4,3    | Chromseisen                        |
|        | B. Melanokrate Mineralien.                               | 4,4    |                                    |
|        |  | 4,5    | Titaneisen                         |
| 2,9    | Biotit, Hornblende                                       | 4,6    |                                    |
| 3,0    | Biotit, Hornblende                                       | 4,7    | Zirkon                             |
| 3,1    | Lepidomelan, Hornblende, Enstatit, Melilith, Apatit      | 4,8    |                                    |
|        |  | 4,9    | Magneteisen                        |
| 3,2    | Lepidomelan, Olivin, Apatit                              | 5,0    |                                    |

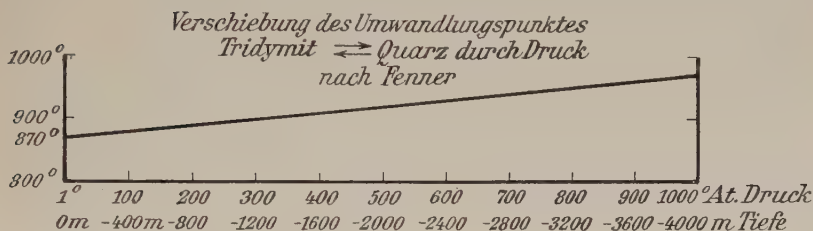


## Temperaturen einer Anzahl Eutektika.

Untere Temperaturgrenze der Kristallisation.

|  |                   |
|--|-------------------|
| Anorthit — Diopsid . . . . .                               | 1271°             |
| Anorthit — Forsterit $\text{SiO}_2$ . . . . .              | 1222°             |
| Anorthit — Carnegieit . . . . .                            | 1304°             |
| Orthoklas — Albit $\text{Or}_{44}\text{Ab}_{56}$ . . . . . | 1130°             |
| Albit — Diopsid . . . . .                                  | 1085°             |
| Quarz — Alkalifeldspat . . . . .                           | $\geq 600^\circ?$ |

Abb. 5.



## Die quantitativen Gesteinsklassifikationen.

Die Mannigfaltigkeiten der Gesteinswelt quantitativ zu erfassen und exakte, auf Zahlenwerten beruhende Methoden der Gesteinsvergleichung zu erhalten, ist die im Vordergrund stehende Aufgabe der Petrographie gewesen, nachdem die mikroskopische Erforschung der Gesteine zu einem gewissen Abschluss gekommen war.

Die wichtigsten Versuche sollen zunächst in Kürze besprochen werden.

Um äquivalente Mengen zusammensetzen zu können, müssen die Gewichtsprozentage zunächst in Molekularprozentage umgewandelt werden. Dividiert man die Gewichtsprozentzahlen durch die Molekulargewichte, so erhält man zunächst die Molekularquotienten. Die Rechnung lässt sich durch Benutzung der von Osann herausgegebenen Molekularquotiententafeln wesentlich abkürzen <sup>1)</sup>. Die Summe der Molekularquotienten schwankt bei den Eruptivgesteinen zwischen 140 und 160. Zu Vergleichszwecken wird man die Molekularquotienten weiter auf die Summe 100 umrechnen und erhält dann die Molekularprozentzahlen.

Es wäre zu wünschen, dass jeder Autor seine Analysen nicht nur in Gewichtsprozenten sondern auch in Molekularprozenten gleich umgerechnet mitteilen würde. Dabei sind folgende Gesichtspunkte zu beachten.

<sup>1)</sup> Eine Methode, die Gewichtsprozentage auf graphischem Wege auszuwerten, hat Berg ausgearbeitet. G. Berg, Graphische Berechnung von Gesteinsanalysen. N. J. f. Min. 1913. II., S. 155—182.



Es hat sich der Brauch eingestellt, den Wassergehalt der Analyse zu vernachlässigen und von der wasserfreien Substanz auszugehen, da in vielen Fällen nicht zu entscheiden ist, wie viel Wasser erst nachträglich durch den Verwitterungsvorgang erworben ist. Die Verwitterung kann das Bild von der ursprünglichen Zusammensetzung bis zur Unkenntlichkeit verwischen. Derartige Analysen sind überhaupt für die vergleichende Petrographie von geringem Werte und sind besser nicht zu benutzen. Ideal frisches Material ist aber leider nicht immer zu beschaffen.

Neben  $H_2O$  und  $CO_2$  erscheinen in der Analyse ferner andere flüchtige Komponenten wie Cl und F. Alle diese Fluida sind nur Reste sehr viel grösserer Mengen, die einst im Magma vorhanden waren, die nur durch Verbindung mit festen Stoffen zurückgehalten sind. Da es nun unmöglich ist, die flüchtigen Komponenten vollständig zu erfassen, mag es konsequent sein, alle diese Stoffe unberücksichtigt zu lassen.

Eine weitere Quelle der Ungenauigkeiten liefert die Oxydationsstufe des Eisens. Die Erfahrung lehrt, dass der Eisenoxydgehalt leicht zu hoch bestimmt wird, da bei der Behandlung des Gesteinspulvers sich das Eisenoxydul in geringen Mengen oxydiert. Sicherlich ist ein Teil des Eisens im Magma bereits zu Eisenoxyd oxydiert. Die Ungenauigkeit ist nicht so gross, wenn beide Oxydstufen getrennt behandelt werden, als wenn alles Eisen zu Eisenoxydul umgerechnet wird.

Die Verwitterung ändert nicht allein die Oxydationsstufe des Eisens, sondern führt Substanzen fort, in erster Linie Alkalien, und dann auch Kalk, die Folge ist ein Ueberschuss an Sesquioxyden. Viele Autoren suchen diesen Ueberschuss durch Ausgleich zu beseitigen, etwa in der Weise, dass sie den Ueberschuss zu gleichen Teilen auf die fortgeführten Substanzen verteilen<sup>1)</sup>. Dass dabei ein hypothetisches Moment in die Rechnung hineinkommt, ist nicht zu ändern. Ist der Ueberschuss an Sesquioxyden nicht sehr hoch, so bleibt er ohne erheblichen Einfluss auf den Chemismus der Gesteins.

### 1. Methode von Osann I.

Osann geht von den Molekularprozenten aus.

Er setzt  $SiO_2 + ZrO_2 + TiO_2 = s$ , die Summe der Molekeln  $K_2O + Na_2O = A$  vereinigt er mit der gleichen Zahl  $Al_2O_3$  zu  $(K_2O + Na_2O) Al_2O_3$ . Der Rest Tonerde = C wird mit der gleichen Menge Kalk zur Molekülgruppe  $CaO \cdot Al_2O_3$  verbunden. Die femischen Bestandteile  $F = MgO + FeO + CaO$ -Rest. (Das dreiwertige Eisen ist zu  $FeO$  umgerechnet).

Ist ein Alkaliüberschuss vorhanden, so wird derselbe in diesem Fall mit  $Fe_2O_3$  verbunden (Ägirin), oder wenn auch dieses Sesquioxyd nicht

<sup>1)</sup> L. Milch, Über Spaltungsvorgänge in granitischen Magmen nach Beobachtungen im Granit des Riesengebirges. Rosenbusch Festschrift. Stuttgart 1906, S. 132.



ausreicht, mit FeO (Änigmatit oder ähnliche Hornblenden) und A zugerechnet. Ein Tonerdeüberschuss wird mit MgO vereinigt und C zugerechnet. Es ist  $s + 2A + 2C + F = 100$ .

Das Verhältnis  $K = \frac{s}{6A + 2c + F}$  nennt er den Kieselsäurekoeffizient, n ist der Natronwert, wenn  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 10$ , m ist der Magnesia-Eisenwert, wenn  $\text{MgO} + \text{FeO} + \text{CaO-Rest} = 10$  gesetzt wird.

Die Konstanten s, K, A, C, F und n und m werden zur Charakteristik des Gesteins herangezogen. Osann unterscheidet eine Reihe von Typen, denen die Eruptivgesteine zugeordnet werden können. Zum Zweck des Vergleichs lassen sich die Grössen A, C, F auf eine konstante Summe  $a + c + f = 20$  umrechnen und in ein gleichseitiges Dreieck eintragen. Der so gefundene Ort ist der Projektionspunkt der Gesteinsanalyse.

Die Osannsche Methode lieferte die Grundlage für alle weiteren Verfahren, welche ähnliche Ziele verfolgten.

## 2. Methode von Osann II.

In seinen späteren Abhandlungen hat Osann ein anderes, abgekürztes Verfahren eingeschlagen. Ausgehend von den Molekularquotienten charakterisiert er das Gestein durch zwei Verhältnisse

$$\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : (\text{FeMgCa})\text{O} = \text{SAIF. Verhältnis}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} : (\text{NaK})_2\text{O} = \text{AlCAlk. Verhältnis.}$$

Diese Verhältnisse werden für Vergleichszwecke auf eine konstante Summe = 30 umgerechnet. Die Projektionsmethode bleibt die gleiche.

## 3. Methode von Niggli.

Die Niggliche Methode schliesst sich an Osann II an, nur dass er die Gesteine als Vierstoffsysteme zusammenfasst und das Tetraeder zur Darstellung benutzt. Es werden die Molekularsummen von  $\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{al}$ ,  $\text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO} = \text{fin}$ ,  $\text{CaO} + \text{BaO} + \text{SrO} = \text{c}$ ,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = \text{alk}$  auf 100 berechnet. si ist die Zahl der Kieselsäuremoleküle, die auf 100 Moleküle  $\text{al} + \text{fin} + \text{c} + \text{alk}$  kommen, ebenso ti, p, h die in gleicher Weise gewonnenen Zahlen der  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  und  $\text{H}_2\text{O}$  Moleküle.

Ferner bezeichnet er  $\text{mg} = \frac{\text{MgO}}{\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO}}$ ;  $\text{k} = \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$ , mg und k werden in einem rechtwinkligen Diagramm mit mg als Ordinate und k als Abszisse dargestellt.

Weiter benutzt er die Quarzzahl qz.

$$\text{qz} = \text{si} - (100 + 4\text{alk}) \text{ oder bei Anwesenheit von Ägirin}$$

$$\text{qz} = \text{si} - (100 + 3\text{al} + 1\text{alk}).$$



Die Feldspatbildung fordert nämlich 6si auf 1alk, die Anorthitbildung 2si, die Augitbildung 1si auf 1fm. Es sind verbraucht  $6\text{alk} + 2(\text{al} - \text{alk}) + c - (\text{al} - \text{alk}) + \text{fm} = 5\text{alk} + \text{al} + c + \text{fm}$ , ferner ist  $\text{al} + \text{fm} + c + \text{alk} = 100$ , also  $100 + 4\text{alk}$  Kieselsäure.

Ist die qz positiv, so wird sich Quarz einstellen, ist die Quarzzahl negativ, Feldspatvertreter oder Olivin usw.

#### 4. Methode von Cross und Iddings.

Die quantitative Gesteinsklassifikation der amerikanischen Petrographen beruht auf folgenden Prinzipien. Die chemische Zusammensetzung, auf Molekularquotienten berechnet, wird mineralogisch ausgedrückt durch die Mengenverhältnisse von „Standardmineralien“, deren Wahl sich an die gesteinsbildenden Mineralien anlehnt. Diese bestimmen die „Norm“ des Gesteins. Die wirkliche Mineralzusammensetzung wird als „Modus“ bezeichnet. Norm und Modus brauchen im allgemeinen nicht übereinzustimmen. Die Norm liefert das Prinzip für eine chemisch-mineralogische Systematik.

#### 5. Methode Hommel.

Hommel setzte sich zum Ziel, die chemische Zusammensetzung, die Art der konstituierenden Mineralien, die Struktur des Gesteins durch Formeln so zur Anschauung zu bringen, dass alle charakteristischen Grössen und Strukturverhältnisse daraus entnommen werden können, und arbeitete ein entsprechendes Projektionsverfahren aus. Er erreicht das Ziel durch Aufstellung einer Molekular- und einer Konstitutionsformel.

##### a) Die Molekularformel.

Ausgangspunkt ist die molekularprozentische Zusammensetzung. Das Berechnungsverfahren schliesst sich an die Methode Osann I an, nur dass er die Oxydationsstufen des Eisens getrennt behandelt und denselben Maßstab für alle Konstanten beibehält.

Dadurch dass Osann seinen Wert  $s$  auf die Summe 100 bezieht und zum Vergleich  $a + c + f = 20$  setzt, geht die Einheitlichkeit der Formel verloren, was Hommel vermeiden will.

Die Formel beginnt mit  $s = \text{SiO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5$ .

Dann folgt das Zeichen für das Feldspatradikal  $\Sigma$ , wenn die Anorthitkomponente daran beteiligt ist,  $\triangle$  wenn nur Alkalifeldspäte oder Ägirin vorhanden ist. Diesem Zeichen werden in der Reihenfolge oben, rechts, unten, Molekularprozentzahlen für  $\text{Na}_2\text{O}$  im Albit,  $\text{K}_2\text{O}$  im Orthoklas und  $\text{CaO}$  im Anorthit bzw. beim  $\triangle$  Radikal statt des An. der Ägirin angehängt. Es folgen nun die Femoxyde und was sonst noch dieser Gruppe zugezählt werden muss.



Es bedeutet  $f = \text{FeO}$ ,  $e = \text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $m = \text{MgO}$ ,  $c = \text{CaO}$ ,  $n = \text{Na}_2\text{O}$ ,  $K = \text{K}_2\text{O}$ ,  $t = \text{Al}_2\text{O}_3$ .

Diese Bestandteile werden nach abnehmender Grösse geordnet aufgezählt, ihre Summe zum Schluss angegeben.

Durch kleine und grosse Buchstaben und aufgesetzte Punkte und Indexpunkte werden nach einem bestimmten Schema die Grössen der femischen Konstituenten noch näher kenntlich gemacht. Einfacher und übersichtlicher wäre es, die betreffenden Prozentzahlen als Index anzuhängen, so dass die Benutzung eines Schlüssels sich erübrigen würde. Die Formel ist dreiteilig aufgebaut.

Zur Projektion dient ein rechtwinkliges Koordinatensystem. Die Abszisse ist die S-Achse ( $\text{SiO}_2$ -Achse) von links nach rechts, Maßstab  $1 \text{ cm} = 2\%$ , sie misst gleichzeitig auch die f-Werte (Femoxyde). Die Ordinate ist die  $\Sigma$ -Achse von oben nach unten. Auf ihr werden die Feldspatradikale und bei  $\Delta$ -Gesteinen das Ägirinradikal abgetragen. Ihr Maßstab ist doppelt,  $1 \text{ cm} = 1\%$ , da auf ein Molekül  $\text{R}_2\text{O}$  oder  $\text{RO}$  ein  $\text{R}_2\text{O}_3$  kommt.

Das Projektionsbild enthält folgende bemerkenswerte Orte und Graden:  $s = 50$ ,  $\Sigma = 25$  ist der Nephelinpunkt, der darstellende Ort des Nephelins. Vom Nephelinpunkt lässt sich eine Gerade ziehen nach  $S = 100$ ,  $\Sigma = 0$ , die die S-Achse unter  $45^\circ$  schneidet, das ist die F-Achse. Eine von  $S = 50$ ,  $\Sigma = 0$  unter  $45^\circ$  nach unten gezogene Gerade schneidet die F-Achse rechtwinklig in  $S = 75$ ,  $\Sigma = 12,5$  und liefert die Quarznormalen, die das quarzhaltige und das quarzfreie Feld trennt. Die Projektion des Gesteins erfolgt nun in der Weise, dass auf der S-Achse der s-Wert des Gesteins abgetragen wird in S-Einheiten, dann nach unten in  $\Sigma$ -Einheiten der  $\text{K}_2\text{O}$ -Wert (K-Punkt des Gesteins) und weiter der  $\text{Na}_2\text{O}$ -Wert (Gesteinsort), weiter der An-Wert ( $\Sigma$ -Punkt des Gesteins). Der horizontale Abstand misst die femischen Bestandteile in S-Einheiten. Endlich lässt der Abstand des Gesteinsortes von der Quarznormalen den Quarzgehalt ablesen. Gesteine unterhalb der Quarznormalen sind quarzfrei.

Eine Gesteinsanalyse wird also durch drei Punkte dargestellt, die Orte  $K$  = Orthoklasradikal,  $\Sigma$  = Plagioklasradikal und den eigentlichen Gesteinsort. Der Gesteinsort ist streng genommen die Darstellung der Grösse  $A$  (Alkalifeldspate) in Abhängigkeit vom  $\text{SiO}_2$ -Gehalt.

Für vergleichende Zwecke ist die Darstellung einer Analyse durch drei zusammengehörige Punkte nicht zweckmässig. Durch Häufung von Punkten verschiedener Bedeutung geht die Übersichtlichkeit verloren.

#### b) Die Konstitutionsformel.

Die Konstitutionsformel ist gleichfalls dreiteilig, sie fusst auf der Molekularformel. Eine Ergänzung der Molekularformel durch eine Kon-



stitutionsformel ist deswegen notwendig, weil jene nur Anfang und Ende eines normalen unter ruhigen, abyssischen Bedingungen verlaufenden Erstarrungsprozesses darstellt, nicht aber Zwischenstadien, Beschleunigung der Erstarrung, Druckentlastung, Entgasung oder Metamorphose Rechnung trägt. In diesen Gedankengängen liegt ein sehr richtiger Gesichtspunkt. Die Eruption bedeutet einen gewaltsamen Abbruch des Erstarrungsprozesses. Die glasige Erstarrung fixiert demnach Gleichgewichtszustände höherer Temperaturen. In den Ergussgesteinen werden wir daher im Gegensatz zu den Tiefengesteinen gestörte Gleichgewichte und häufig andere Phasenassoziationen zu erwarten haben.

Die Konstitutionsformel beginnt mit der Quarzzahl, die, wie oben gezeigt wurde, aus der Molekularformel leicht zu entnehmen ist.

$QZ = 2[\text{SiO}_2 - 50 - 2(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})]$  oder für  $\Delta$ -Gesteine mit Ägirin

$QZ = 2[\text{SiO}_2 - 50 - (2\text{Na}_2\text{O}_i + 2\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_e)]$ .

Die Quarzzahl ist positiv, 0 oder negativ.

Die positive Quarzzahl gibt den Gehalt an freiem Quarz an.  $QZ = 0$  zeigt an, dass nur die sauersten Silikate Feldspate und femische Metasilikate vorhanden sind. Eine negative Quarzzahl misst den Olivin- und Nephelinge halt.

Es folgt nun die Signatur des allgemeinen Gesteinscharakters und der Struktur. So bedeutet P Tiefengestein (Plutonit), R Ergussgestein (Rhyotaxit), K Kristalliner Schiefer. Nähere Strukturbezeichnungen werden, wie das bei Meteoriten üblich ist, durch kleine Buchstaben kenntlich gemacht. Das nächste Glied gibt den Feldspat an, Orthoklas und Plagioklas. Für die übrigen Bestandteile sind griechische Buchstaben als Signaturen eingeführt, deren Mengenverhältnisse wieder durch die Reihenfolge der Aufzählung und Indexzahlen, deren Ausbildungsformen durch aufgesetzte Punktzeichen hervorgehoben werden.

Die Formeln wollen alle Erscheinungen zur Anschauung bringen. Es sind daher auch recht viele Symbole erforderlich. Dadurch werden besonders die Konstitutionsformeln kompliziert, was ihrer Einbürgerung hinderlich sein wird.

Die auf diesen Prinzipien aufgebaute natürliche genetische Klassifikation der Gesteine mit ihrer Zonengliederung ist dieser Gefahr des Schematismus nicht entgangen.

Hommel unterscheidet 5 Gesteinsklassen:

#### 1. Die orthogene Gesteinsklasse.

Sehr geringe Abkühlungsgeschwindigkeit, hoher Druck und damit verbunden langsames Entweichen der gelösten Gase, absolute Ruhe und Trennung der abgeschiedenen Kristalle von der Schmelze.

Diese Trennung wird aber nur erfolgen, soweit ausreichende Dichteunterschiede vorhanden sind.



## 2. Paragene Gesteinsklasse.

Grössere Abkühlungsgeschwindigkeit, konstanter Druck, durch Vermengung erleichtertes Entweichen der Gase, häufige Bewegung des Magmas durch tektonische Störungen der Nachbarschaft.

## 3. Hypogene Gesteinsklasse.

Rascheste Abkühlungsgeschwindigkeit, totale Druckentlastung, rapides Entweichen der Gase. Fliessende Bewegung des Magmas.

## 4. Peratogene Gesteinsklasse. Kristalline Schiefer.

## 5. Diogene Gesteinsklasse. Sedimente.

Die beiden letzten Gesteinsklassen fallen aus dem Rahmen der hier zu behandelnden Probleme heraus.

## 6. v. Wolffsche Methode.

Eine möglichst einfache und dabei anschauliche Projektionsdarstellung ist für die vergleichende Petrographie ein unentbehrliches Hilfsmittel. Die vorhandenen Methoden erfüllen diesen Zweck noch nicht vollkommen. Die Schwierigkeit liegt in der grossen Zahl der Veränderlichen, denen Rechnung getragen werden soll. In einheitlichem Maßstab sind in der Ebene mittelst gleichseitige Dreiecks nur Dreistoffsysteme darstellbar. Eine vierte Veränderliche erfordert bereits eine Raumdarstellung. Raumdarstellungen stehen den Darstellungen in der Ebene an Übersichtlichkeit nach, ein Übelstand, der beim Vergleich vieler Analysenresultate sich stärker fühlbar macht. Bei den verwickelten Steinsalzparagenesen ist man dieser Schwierigkeit durch geschickte Auswahl von drei Komponenten, auf die es im wesentlichen ankommt, Herr geworden. Dieser Weg muss auch bei der Behandlung der Gesteine eingeschlagen werden. Es sind die Veränderlichen der Gesteinszusammensetzung so zusammenzufassen, dass sie als Dreistoffsysteme dargestellt werden können. Die geeignete Wahl der drei Komponenten ergibt sich aus den Ausführungen des vorigen Abschnitts.

Die Mannigfaltigkeit der Gesteine ein und desselben Eruptivgebietes ist in erster Linie bedingt durch die Kristallisationsdifferentiation und ihre Umkehrung, die Assimilation fremder Gesteine, dann durch andere Momente. Die Kristallisationsdifferentiation geht bei fallender Temperatur und unter der Einwirkung der Schwere vor sich. Die spezifisch schweren, hochschmelzenden Frühausscheidungen sinken ab und trennen sich von der Restschmelze. Es sind dies vorzugsweise die dunklen Bestandteile Erz, Olivin, Augit, Hornblende, Glimmer. Die spezifisch leichten Bestandteile haben niedrige Schmelzpunkte und reichern sich in den Restschmelzen an. Das sind die Feldspate und Feldspatvertreter.

Die Silifizierungsreaktionen spielen im Verlauf der Abkühlung eine hervorragende Rolle, wie gezeigt wurde. Der wirkliche Mineralbestand



eines Gesteins hängt ausser von der Konzentration noch von Druck und Temperatur ab. Er ist ohne Kenntnis dieser Faktoren aus der chemischen Zusammensetzung allein nicht ableitbar.

Aus diesen Erwägungen ergibt sich folgende Wahl der drei Veränderlichen. Jedes Gestein wird als ein ideales molekularprozentisches Gemenge von Feldspat und Augit aus der chemischen Zusammensetzung berechnet. Der Kieselsäureüberschuss oder Fehlbetrag mit positivem oder negativem Vorzeichen als dritte Veränderliche gewählt.

Feldspat und Augit sind die sauersten Silikate, die unter gewissen Bedingungen stets auskristallisieren, wenn die Kieselsäure zur Sättigung ausreicht. Da das Magneteisen an der Silifizierungsreaktion nicht teilnimmt, ist es vorher in Abzug zu bringen.

Die drei Komponenten sind also:

1. Die leukokraten Bestandteile L, die Feldspate und Feldspatvertreter.
2. Die melanokraten Bestandteile M, die Augite und Hornblenden mit dem Magneteisen und dem etwaigen Ägiringehalt, ferner Olivin.
3. Die Quarzzahl Q, sie ist positiv oder negativ.

Die Rechnung beginnt mit dem Abzug von Magneteisen.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wird, soweit es nicht der Ägirin beansprucht, mit einem Äquivalent  $\text{FeO}$  zu  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  gebunden, ein etwaiger Rest  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wird hinzu addiert und diese Summe zu den M-Komponenten gezählt.

Wir gehen nicht von den Verbindungen niedrigster Kieselsäurestufe aus, sondern von denen höchster Silikatstufe, das sind die Feldspate  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  und Ägirin  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ , ferner die Augite  $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ .

Ist S die gesamte Kieselsäure des Gesteins, A die Alkalien des Feldspats, c der Kalk des Anorthits, e das Natron des Ägirins und f die alkalischen Erden des Augits nach Abzug des Erzes, so bleiben nach der Absättigung:

$$Q = S - 6A - 2c - 4e - f \text{ Kieselsäure übrig.}$$

Dieser Betrag kann positiv oder negativ sein, er ist = Qz Niggli's und Hommels. Die positiven Werte tragen wir von der Grundlinie des gleichseitigen Dreiecks nach oben ab. Sie zeigen den Kieselsäureüberschuss, freien Quarz, an. Die negativen Werte tragen wir auf derselben Höhenlinie nach unten ab. Die Projektion verlässt in diesem Falle das Osannsche Dreieck. Gilt für das gleichseitige Dreieck die Bedingung  $q_1 + q_2 + q_3 = \text{konstant}$ , so ist für das Feld unterhalb der Grundlinie des Dreiecks die Bedingung erfüllt:  $q_1 + q_2 - q_3 = \text{konstant}$ , wenn q die Lote eines Punktes auf die Dreiecksseiten bedeuten.

Die negativen Q-Werte messen den Betrag an Feldspatvertretern oder Augitvertretern (Olivin).



Man gewinnt damit ein ausgedehnteres Projektionsfeld, ohne den einheitlichen Maßstab aufzugeben, und vermeidet die Überdeckung von Gesteinen verschiedener Kieselsäurestufen.

Die in der leukokraten Komponente L zusammengefassten Stoffe sind alle Tonsilikate feldspatoider Zusammensetzung, als Feldspate berechnet. Die melanokraten Bestandteile umfassen die einfachen Silikate, Ägirin und Alkaliferroverbindungen. Der Gesteinsort wird durch die drei Konstanten L, M,  $\pm$  Q bestimmt, derart dass

$$L + M \pm Q = 100 \text{ ist.}$$

Die Berechnung erfolgt in folgender Weise.

Ausgangspunkt sind die Molekularprocente. Eisenoxydul und Eisenoxyd werden getrennt behandelt. Über die Berücksichtigung des  $H_2O$  und  $CO_2$  sei auf die Ausführungen auf S. 30 verwiesen.

In der Analyse werden alle nicht flüchtigen Säurebestandteile vereinigt <sup>1)</sup>.

$$S = SiO_2 + TiO_2 + ZrO_2 + P_2O_5 \text{ usw.}$$

Ferner werden zusammengefasst die

$$\text{Alkalien} = Na_2O + K_2O + Li_2O \text{ usw.} = A.$$

$$\text{Alkalischen Erden} = CaO + BaO + SrO + MnO = \mathbf{CaO}.$$

$$\text{Magnesia} = \mathbf{MgO}.$$

$$\text{Eisenoxydul} = FeO + NiO + CoO = \mathbf{FeO}.$$

$$\text{Sesquioxide} = Al_2O_3 + \text{seltenen Erden} = \mathbf{Al_2O_3} \text{ und } Fe_2O_3 + Mn_2O_3 + Cr_2O_3 = \mathbf{Fe_2O_3}.$$

### 1. Berechnung der leukokraten Bestandteile.

Der Alkalifeldspat verlangt  $A$  Alkalien +  $A \cdot Al_2O_3 + 6A \cdot SiO_3 = 8A\%$ ,  
der Anorthit verlangt . . .  $C \cdot CaO + C \cdot Al_2O_3 + 2C \cdot SiO_2 = 4C\%$ ,

$$\text{Leukokrate Bestandteile} = L = 8A + 4C.$$

Nach Bindung der Alkalifeldspate sind  $Al_2O_3 - A$  Mol. Tonerde übrig, die mit  $CaO$  zu Anorthit verbunden werden. Den im Anorthit gebundenen Kalk bezeichnen wir mit  $C$ , wie das im Osannschen Verfahren üblich ist.

Es sind nun folgende Fälle möglich:

$$a) CaO > C.$$

Nach Aufrechnung des Kalks im Anorthit verbleibt ein Kalkrest  $= C' = CaO - C$ , der den melanokraten Bestandteilen zugerechnet wird, da er im Augit sich befindet.

<sup>1)</sup> Für Vergleichszwecke genügt es, von der wasserfreien Analyse auszugehen. Namentlich bei nicht sehr glimmerreichen Gesteinen ist die Vernachlässigung des geringen Gehalts an ursprünglichem Wasser ohne Bedeutung. Die Rechnung wird dadurch sehr viel einfacher. Die Zuzählung von  $P_2O_5$  zur  $SiO_2$  bedingt eine Ungenauigkeit, da dieser Bestandteil nicht der Kieselsäure äquivalent sind. Der Fehler ist aber kleiner als die völlige Vernachlässigung.





In diesem Fall verbleibt ein Tonerderest  $t$ , den man, nicht an Kieselsäure gebunden, den L-Komponenten zurechnen kann. Dieser Tonerdeüberschuss kann aber auch auf das Tschermaksche Molekül entfallen. Tschermaks Molekül  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 = \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ . Die Tonerde der Augite kann rechnerisch als nicht an die Kieselsäure gebunden aufgefasst werden.

In sehr vielen Fällen wird ein Tonerdeüberschuss die Folge der Verwitterung sein.



In diesem Falle reicht die Tonerde zur Absättigung der Alkalien nicht aus, es muss zur Ägirinbildung kommen. Setzt man den Ägirinfaktor  $e = \text{A} - \text{Al}_2\text{O}_3$ , wie das Osann tut, so muss  $\text{C} = 0$  sein. Ägirin und Anorthit sollten sich ausschliessen. Das ist nun durchaus nicht immer der Fall. In den Tephriten ist das Nebeneinandervorkommen von Ägirin und Anorthit die Regel. In anderen Gesteinsfamilien findet man dasselbe Bild. Ferner tritt Magneteisen auf, selbst wenn der Alkaliüberschuss das gesamte  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  aufnehmen könnte. Auch hier begegnet man derselben Erscheinung, dass die Reaktionen nicht bis zum Ende verlaufen.

Die Ermittlung der Ägirinfaktors  $e$  stösst auf Schwierigkeiten. Man sieht, dass der Ägirinfaktor  $e$  im allgemeinen mit dem  $\text{Na}_2\text{O}$ -Gehalt steigt und mit der Tonerde fällt. Man erhält eine brauchbare Annäherung, wenn man  $e = \frac{\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3}$  setzt.

E. Lehmann hat folgende 10 Gesteine aus Ostafrika auf das genaueste planimetrisch ausgemessen und ihre molekularprozentische Zusammensetzung ermittelt. Ein Vergleich mit seinen Werten ergibt, dass die oben gewählte Annäherung den beobachteten Molekularprozentgehalt an Ägirin mit  $\pm 2$  Abweichung trifft, wie die folgende Tabelle lehrt.

|                              | Ägirin %<br>beobachtet | $6e$<br>berechnet | Differenz |
|------------------------------|------------------------|-------------------|-----------|
| Tephrit . . . . .            | 8,46                   | 8,33              | + 0,15    |
| Tephrit . . . . .            | 3,60                   | 5,40              | — 1,80    |
| Basanit . . . . .            | 3,90                   | 4,61              | — 0,71    |
| Trachydolerit (Atlantit) . . | 1,80                   | 0,34              | + 1,44    |
| Trachyandesit . . . . .      | 3,00                   | 4,4               | — 1,4     |
| Nephelintrachyt . . . . .    | 2,82                   | 4,5               | — 1,7     |
| Phonolith . . . . .          | 4,98                   | 4,52              | + 0,46    |
| Phonolith . . . . .          | 4,80                   | 4,56              | + 0,24    |
| Phonolith . . . . .          | 5,88                   | 4,97              | + 0,91    |
| Phonolith . . . . .          | 11,70                  | 9,41              | + 2,3     |



δ)  $A > \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Das Gestein ist so alkalireich, dass selbst nach der Alkalitonerde- und Ägirinbindung noch ein Rest Alkalien verbleibt.

Wir werden diesen Rest  $n$  als  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  verrechnen und als Bestandteil des Arfvedsonitmoleküls den melanokraten Komponenten zu rechnen.

## 2. Berechnung der melanokraten Bestandteile.

Die melanokraten Bestandteile setzen sich zusammen:

1. Aus Magneteisen  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  und dem etwaigen Rest  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

2. Aus Metasilikaten: Aus  $2F = \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (Kalkerde  $C'$  soweit nicht im Anorthit verbraucht und ev. aus  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 = n$ ), ferner aus Ägirin  $e$ . Sie umfassen alle Radikale, die in den leukraten Bestandteilen kein Unterkommen gefunden haben.

Wir gehen aus von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und ziehen den Ägirinfaktor ab,  $e = \frac{\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3}$  Ägirin =  $6e\%$ . Es verbleiben  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - e = \text{Mt}$ , die mit einem Äquivalent  $\text{FeO}$  zu Magneteisen =  $2\text{Mt}$  vereinigt werden. Ein noch etwa verbleibender Rest  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wird, ohne an  $\text{SiO}_2$  gebunden zu werden,  $M$  zugezählt.

Von  $\text{FeO}$  verbleiben  $f = \text{FeO} - \text{Mt}$ .

Von  $\text{MgO}$   $m = \text{MgO}$ .

Von  $\text{CaO}$  verbleiben  $C' = \text{CaO} - C$ .

Die Femoxyde im Augit  $F = f + m + C'$ , werden mit gleichen Mengen Kieselsäure vereinigt, dazu kommt in seltenen Fällen der letzte Rest Alkalien =  $n$  hinzu.

Die melanokraten Bestandteile sind:

$$M = 2(f + m + C' + n) + 6e + 2\text{Mt} + f'.$$

## 3. Berechnung von Q.

Die leukokraten Bestandteile verbrauchten  $6A' + 2C$  Kieselsäure,  $A' = A - e$ ; die melanokraten nur  $F + 4e$  Kieselsäure, folglich ist  $Q = S - 6A' - 2C - F - 4e$ .

Die drei Parameter  $L, M, Q$  bestimmen den Gesteinsort.

Saure und intermediäre Eruptivgesteine besitzen positive  $Q$ -Werte, ihr Projektionsort liegt im Osannschen Dreieck, oberhalb der Grundlinie  $L, M$ , vgl. Abb. 6, Kieselsäuresättigungslinie.

Basische Eruptivgesteine besitzen dagegen negative  $Q$ -Werte, sie sind mit Kieselsäure nicht gesättigt.



Der Fehlbetrag an Kieselsäure lässt in der Gruppe A die Alkalifeldspate durch Nephelin, Sodalith und Leuzit, in der Gruppe C den Anorthit durch Tschermaks Molekül und weiter durch Melilith, in der Gruppe F den Pyroxen durch Olivin und weiter durch Spinelle ersetzen.

Die Zusammenfassungen in L und M machen noch weitere Angaben über die in diesen Gruppen enthaltenen Bestandteile notwendig.

Zu diesem Zweck soll der Begriff „mittlerer Feldspat“ eingeführt werden. Es ist der Feldspat  $Or_p Ab_m An_n$ , der sich bei vollständiger Sättigung des leukokraten Anteils zum Feldspat ergeben würde. Dieser Begriff deckt sich nur dann mit dem Durchschnittsfeldspat, der auf optischem Wege durch Messen der Auslöschungsschiefen im Dünnschliff ermittelt werden kann, wenn keine anderen Alkalitonerdesilikate, wie Feldspatvertreter oder Glimmer anwesend sind.

Der mittlere Feldspat wird aus dem Verhältnis  $K_2O : Na_2O : \frac{C}{2}$  bestimmt, vgl. Abb. 1.

Er kann zu Vergleichszwecken auf Molekülprocente von Or, Ab, An umgerechnet werden, wobei zu beachten ist, dass ein Molekül Orthoklas oder Albit 8 Moleküle, ein Molekül Anorthit nur 4 Moleküle enthält. Zwei Moleküle C im Anorthit sind äquivalent einem Molekül Alkali im Alkalifeldspat.

Es verhält sich:

$$Or : Ab : An = 8K_2O : 8[Na_2O - e] : 4C = K_2O : Na_2O : \frac{1}{2} C.$$

Zur näheren Charakterisierung der M-Komponente kann man den „mittleren Augit“ angeben. Auch er ist eine fiktive Grösse, und wird aus dem Verhältnis  $f : m : c' : e : n$  dargestellt. Da aber die petrographische Systematik sich auf den hellen Bestandteilen aufbaut, ist der mittlere Augit ein klassifikatorisches Moment von untergeordneter Bedeutung.

### Die Dreiecksprojektion.

Wir lesen im Sinne des Uhrzeigers auf der unteren Dreiecksseite die L-, auf der linken Seite die Q-, auf der rechten Seite die M-Werte ab. Die Projektion enthält folgende besondere Punkte.

|                      |             |             |              |
|----------------------|-------------|-------------|--------------|
| Der Feldspatpunkt L  | L = 100,    | M = 0,      | Q = 0,       |
| der Quarzpunkt Q     | L = 0,      | M = 0,      | Q = 100,     |
| der Augitpunkt M     | L = 0,      | M = 100,    | Q = 0,       |
| der Nephelinpunkt Ne | L = 200,    | M = 0,      | Q = - 100,   |
| der Leuzitpunkt Leu  | L = 133,33, | M = 0,      | Q = - 33,33, |
| der Olivinpunkt O    | L = 0,      | M = 133,33, | Q = - 33,33, |
| der Spinellpunkt Mt  | L = 0,      | M = 150,    | Q = - 50,    |



das Quarz-Feldspateutekti-

kum nach Vogt<sup>1)</sup> E L = 71,90, M = 0, Q = + 28,10,

Anorthit-Diopsideutektikum

36,3 An, 63,7 Di D L = 36,3, M = 63,7, Q = 0,

Albit-Diopsideutektikum

95,22 Ab, 4,78 Di A L = 95,22, M = 4,78, Q = 0,

Anorthit-Nephelinitekti-

kum 44,5 An, 55,5 Ne R L = 179,25, M = 0, Q = - 79,25,

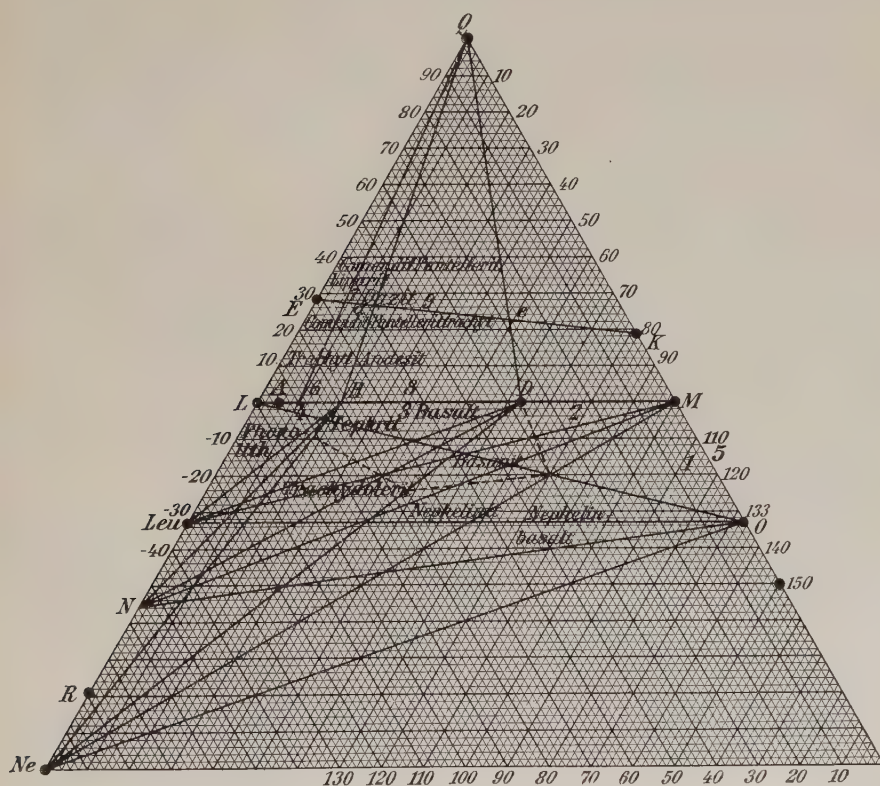
Forsterit-Diopsideutekti-

kum 17,35 Fo, 82,65 Di S L = 0, M = 105,78, Q = - 5,78,

Christobalit-Klinoenstatit-

eutektikum K L = 0, M = 81,4, Q = 18,6.

Abb. 6.



Dreiecksprojektion der Ergussgesteine. (In Abb. 6 sind die Ziffern 7 und 8 zu vertauschen.)

<sup>1)</sup> Das Quarz-Feldspateutektikum hat nach Vogt die Zusammensetzung:

|                       | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|------|-------------------|------------------|
| Gewichtsprozent . . . | 74,04            | 14,17                          | 0,33 | 2,02              | 9,42             |
| Molekülprozent . . .  | 81,62            | 9,20                           | 0,39 | 2,16              | 6,63.            |



Die hier entwickelte Dreiecksprojektion ermöglicht einmal das Aufsuchen der Kristallisationsbahnen, das sind die Wege, die die Kristallisationsdifferentiation einschlägt, dann gestattet sie eine Abgrenzung der Felder, in die die Gesteinsorte der verschiedenen Gesteinsfamilien fallen, und damit eine quantitative natürliche Klassifikation der Eruptivmagmen.

### 1. Die Kristallisationsbahnen.

Das Prinzip soll an einem einfachen Beispiel erläutert werden. Es sei ein Gabbromagma gegeben mit den Parametern  $L_x$ ,  $M_y$ ,  $Q_z$ . Die Kristallisationsdifferentiation vollziehe sich im Magmaherd unter ruhigen Verhältnissen mit sehr langsamem Temperaturabfall bei Temperaturen über dem inkongruenten Schmelzpunkt des Klinoenstatits. Olivin scheidet sich aus, sinkt nieder und gibt in der Tiefe Anlass zur Bildung peridotitischer Tiefengesteine. Das Magma ändert seine Zusammensetzung längs einer Bahn, die durch Ziehen eines Strahles vom Olivinpunkt nach  $L_x$ ,  $M_y$ ,  $Q_z$  erhalten wird, und entfernt sich, je länger dieser Differentiationsvorgang andauert, immer weiter vom Olivinpunkt; —  $Q$  nähert sich dem Nullwert, das Magma wird saurer. Jede spätere Eruption aus diesem Herde rückt auf dieser Bahn weiter vor. Erreicht die Bahn die Linie LM und dauert die Differentiation in derselben Weise weiter an, so ändern sich nur die M- und Q-Werte, die leukokraten Bestandteile nehmen nicht teil, ihre Menge bleibt konstant. Die Bahn verfolgt von da ab einen Weg, der der Seite QM parallel ist. Diorit und Quarzdiorite bzw. ihre Ergussäquivalente werden das Ergebnis sein.

Fällt nun die Temperatur unter den inkongruenten Schmelzpunkt, so sinkt nicht mehr Olivin sondern Augit ab. Die Differentiationsbahn läuft jetzt parallel LM in Richtung auf L.

Das Gabbromagma zerfällt in Anorthosit und Pyroxenit. Ergussäquivalente von Peridotit und Pyroxenit wird es also normalerweise nicht geben. Limburgite und Augitite sind es nicht. Sie gehören vielmehr in die Familie der Nephelinite und verwandter Gesteine. Ihre Kristallisation hat nur durch die glasige Erstarrung ein vorzeitiges Ende gefunden.

Die zeitlich aufeinanderfolgenden Eruptionen eines Eruptivgebietes oder eines Vulkans werden die Differentiationsbahnen enthüllen und damit ein Bild der Entwicklungsgeschichte des Herdes geben. Die Gesteinsparameter ermöglichen erst eine exakte Vergleichung der Gesteine und Laven untereinander. Eine schärfere Abgrenzung der Magmaprovinzen lässt sich mit ihnen durchführen. Gleichaltrige Laven besitzen auf weite Strecken gleichen Charakter, solange der Untergrund gleichartig ist. Sie ändern sich, sobald dieser wechselt. Sie lassen sich daher als empfind-



liche Indikatoren benutzen für jede Änderung in der Struktur und Natur der Rindenteile. Die zeitlichen Änderungen der Eruptionsfolgen laufen parallel mit der Entwicklungsrichtung der Herde, also fortschreitend von basischen zu saureren Typen. Ein Magmawechsel zeigt das Eintreten tektonischer Ereignisse an. Insofern werden die Eruptivfolgen auch zur Altersbestimmung tektonischer Ereignisse mit herangezogen werden können. In den einzelnen Vulkan- und Eruptivgebieten wird man die Zahl der nebeneinander tätigen Herde ermitteln und eine ganze Reihe von Fragen beantworten können.

Eine gründliche Kenntnis der Entwicklungsvorgänge und der Natur der Magmen ist erforderlich, um keine Fehlschlüsse zu ziehen.

Die exakte Gesteinsvergleichung, richtig angewandt, wird ein hoch zu bewertendes Hilfsmittel sein, die Erkenntnis vulkanischer und tektonischer Probleme fördern. Beide hängen ja innig voneinander ab.

## 2. Die quantitative Klassifikation der Eruptivmagmen.

Es sind drei grosse Gruppen von Eruptivgesteinen zu unterscheiden:

### I. Basische Gesteine.

Die Q-Werte sind negativ. Die Projektionsorte liegen unterhalb der Sättigungslinie LM. Die Gesteine sind nicht mit Kieselsäure gesättigt. In den Mineralkombinationen erscheinen Feldspatvertreter wie Nephelin, Leuzit, Sodalith, Tschermaks Molekül, Melitith oder Augitvertreter wie Olivin. Wenn die Gleichgewichte nicht gestört sind, kann freier Quarz nicht auftreten.

### II. Intermediäre Gesteine.

Die Q-Werte sind positiv. Die Mineralkombinationen sind die sauersten Silikate: Feldspate, Augite und Hornblenden, ausserdem Glimmer, der unabhängig von der Kieselsäurestufe des Gesteins sich immer bilden kann. Die Gesteine sind mit freiem Quarz nicht gesättigt, d. h. der Quarzgehalt erreicht nicht die Quarzmenge des Quarz-Feldspateutektikums, er wird auch nicht in erster Generation zur Ausscheidung gelangen können. Die Grenze ist die Quarzsättigungslinie EK, die Verbindungslinie des Quarz-Feldspateutektikums E mit dem Christobalit-Klinoenstatiteutektikum K.

### III. Saure Gesteine.

Die Q-Werte sind positiv. Es ist mehr Quarz vorhanden, als das Quarz-Feldspateutektikum fordert. Die Gesteine sind mit Quarz übersättigt, Quarz erscheint in erster Generation und ist eine Hauptkomponente. Die Projektionsorte liegen oberhalb der Quarzsättigungslinie EK.



Diese Dreigliederung erscheint in allen Magmenprovinzen. Die Gesteine eines Bezirks sind ferner durch bestimmte Merkmale ausgezeichnet, die dem Bezirk, der Provinz eigen sind, die offenbar durch den Verlauf der Kristallisationsdifferentiation nicht verwischt werden. Sie äussern sich am schärfsten in dem mittleren Feldspat. In der Zusammensetzung des mittleren Feldspats:  $\text{Or} : \text{Ab} : \text{An}$  oder  $\text{K}_2\text{O} : (\text{Na}_2\text{O} - e) : \frac{C}{2}$  herrscht entweder eine Komponente vor oder zwei, während die übrig bleibenden zurücktreten, auch kann das Mengenverhältnis aller drei Komponenten annähernd gleich sein. Mit Hilfe dieses Einteilungsprinzips würde man 10 verschiedene Magmentypen unterscheiden können, die im mittleren Feldspat durch ihre vorherrschenden Feldspatkomponenten in folgender Weise charakterisiert werden können.

- I. Gesteine der Kalivormacht: 1. Or; 2. Or + Ab; 3. Or + An.
- II. Gesteine der Natronvormacht: 4. Ab; 5. Ab + Or; 6. Ab + An.
- III. Gesteine der Kalkvormacht: 7. An; 8. An + Or; 9. An + Ab.
- IV. Gesteine ohne ausgeprägte Vormachtstellung: 10. Or + Ab + An.

Diese 10 Gruppen sind in der Natur nicht gleichwertig. Der Grund liegt in der unvollkommenen Mischbarkeit der Feldspate. Zwischen Or und An klafft nämlich eine bedeutende Mischungslücke. Magmatypus 8 und 3 fallen daher aus. Mit steigendem Orthoklasgehalt wächst auch der Natrongehalt. Reine Orthoklasgesteine, Typus 1, sind von untergeordneter Bedeutung und können mit dem Typus 2 vereinigt werden.

Man erhält folgende Magmengruppen:

### I. Die Kalimagnen.

Hierher gehören alle Magmen mit  $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ . Der mittlere Feldspat fällt in die Sextanten I, VI und V, vgl. Abb. 1. Diese Magmagruppe zerfällt in 2 Untergruppen: I. Kalimagnen und Ia. Kalikalkmagnen.

#### I. Kalimagnen.

$\text{K}_2\text{O} \geq \text{Na}_2\text{O}$ . Der mittlere Feldspat fällt in den Sextanten I und zwar ausserhalb der Mischungslücke. Die C-Werte sind niedrig und übersteigen  $C = 2$  nur selten.

Mineralogisch sind die hierher gehörigen Gesteine durch die Führung von Orthoklas, Leuzit oder Glimmer ausgezeichnet, Plagioklas fehlt. Reine Kalimagnen sind nicht sehr verbreitet (Abb. 6, S. 41).

### A. Basische Gesteine.

Vom Leuzitpunkt gezogene Strahlen liefern die Feldgrenzen.

1. Familie der Leuzitophyre. Feld: Leu M O.



Q ist negativ und verteilt sich auf leukokrate und melanokrate Bestandteile. Diese Magmen scheiden Leuzit, Augit, Ägirin, Olivin oder Glimmer aus. Sanidin kann sich nur in den sauersten Gliedern, den Jumilliten, entwickeln. Es sind vorherrschend melanokrate Gesteine.

2. u. 3. Familie der Leuzittrachydolerite und Arsotrachyte. Feld: Leu M H.

Die negativen Q-Werte beziehen sich nur auf die leukokraten Bestandteile, soweit nicht Glimmer die Mineralgleichgewichte verschiebt. Die Gesteine sind olivinfrei. Sanidin tritt stärker als in der vorigen Familie hervor.

4. Familie der Leuzitphonolithe. Feld: Leu L H.

Die negativen Q-Werte betreffen nur die leukokraten Bestandteile. Die melanokraten Bestandteile treten stark zurück.

### B. Intermediäre Gesteine.

6. Familie der Trachyte. Feld: L E a H.

Die Gesteine besitzen positive Q-Werte, aber sie sind mit Quarz nicht gesättigt. Feldspatvertreter und Olivin fehlen. Sanidin ist der herrschende Feldspat. Fortunit ist ein melanokrates Spaltprodukt.

### C. Saure Gesteine.

8. Familie der Rhyolithe. Feld: Q E a.

Hohe Q-Werte. Die Gesteine sind mit Quarz übersättigt. Quarz erscheint in erster Generation.

### I a. Die Kalikalkmagmen.

$K_2O \geq Na_2O$ . Der mittlere Feldspat fällt in die Mischungslücke.

$C > 2,15$ . Diese Magmen können aus den vorigen durch Kalk- und Tonerdeaufnahme hervorgehen.

### A. Basische Gesteine.

Mit wachsendem Anorthitgehalt pflegt auch die Albitkomponente zu steigen. Der Schnittpunkt der Strahlen, welche die Gesteinsfelder abgrenzen, rückt mit zunehmendem Natrongehalt gegen den Nephelinpol vor. Wählt man als Ausgangspunkt der Strahlen den Punkt N, der in der Mitte zwischen dem Punkt R (Anorthit-Nephelinitektikum) und dem Leuzitpunkt liegt, so decken sich die Grenzen am besten mit den durch den mikroskopischen Befund festgelegten Abgrenzungen der Gesteinsfamilien.



## I. Kalimagmen

## 1. Leuzitophyr. Feld: Leu M O.

L

|      |                        |                                    |        |
|------|------------------------|------------------------------------|--------|
| IV.  | Jumillit               | Jumilla, Almeria, Spanien          | 44,64  |
| V.   | Jumillit               | Jumilla, Almeria, Spanien          | 40,80  |
| 358  | Leuzitophyr            | Bearpaw Mt., Montana               | 64,88  |
| 379  | Madupit                | Pilot Butte, Montana               | 47,64  |
| 297  | Leuzitbasanit          | Croce del Salvatore, Vesuv         | 74,44  |
| 2610 | Leuzitophyr (Leuzitit) | Anticoli di Campagna, Hernikerland | 71,28  |
| 2611 | Leuzitophyr (Leuzitit) | Callame                            | 70,80  |
| 2518 | Leuzitophyr            | Lago di Nemi, Albanergeb.          | 97,36  |
| 2598 | Leuzitophyr            | Mte Pila                           | 66,16  |
| 2514 | Leuzitophyr            | Tavolata, Rom                      | 117,96 |

## 2.—3. Arsotrachyte und Leuzittrachydolerite. Feld: Leu M H

|      |                     |                                  |        |
|------|---------------------|----------------------------------|--------|
| I.   | Verit               | Fortuna, Almeria, Spanien        | 51,60  |
| 377  | Orendit             | North Table Mts. Wyoming         | 55,12  |
| 265  | Arsotrachyt         | Arsostrom, Ischia                | 84,68  |
| 2625 | Leuzittrachydolerit | Gaussberg, Antarktikum           | 71,92  |
| 378  | Wyomingit           | Boars Tusk, Leuzithills, Wyoming | 60,24  |
| 2597 | Leuzittrachydolerit | Madonna di Laura, Viterbo        | 88,32  |
| 2628 | Leuzittrachydolerit | Gaussberg, Antarktikum           | 74,80  |
| 95   | Leuzitphonolith     | Braccianer See                   | 111,56 |

## 4. Leuzitphonolithe. Feld: Leu L H

|      |                 |                            |        |
|------|-----------------|----------------------------|--------|
| 57   | Trachyt         | Porto Skauri, Pantelleria  | 84,28  |
| 96   | Leuzitphonolith | Braccianer See             | 97,08  |
| 2545 | Leuzitphonolith | Pollenaschlucht. Mt. Somma | 100,00 |

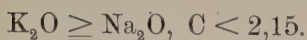
## 6.—7. Trachyte und Fortunit. Feld: L E b H

|              |          |                               |       |
|--------------|----------|-------------------------------|-------|
| 37           | Trachyt  | Sunset Peak, Yellowstone      | 67,76 |
| Sumatra I. 5 | Trachyt  | Lau Bian, Battakland, Sumatra | 68,28 |
| II.          | Fortunit | Fortuna, Almeria, Spanien     | 51,96 |

## 8. Rhyolithe (Kaliliparite). Feld: Q E a

|      |            |                                  |       |
|------|------------|----------------------------------|-------|
| 27   | Rhyolith   | Aden, Rotes Meer                 | 55,72 |
| 1485 | Tordrillit | Cactus Corral, Nevada            | 61,09 |
| 28   | Rhyolith   | Baula, Island                    | 54,84 |
| 20   | Rhyolith   | Midway Geysirbassin, Yellowstone | 60,32 |
| 33   | Rhyolith   | Grizzly Peak, Kalifornien        | 63,12 |
|      | Rhyolith   | Rocca della Guardia, St. Antioco | 67,18 |





## 1. Leuzitophyr. Feld: Leu MO.

| M     | Q       | A     | C(e)   | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |  |
|-------|---------|-------|--------|-------|------------------|-------------------|--|
| 68,86 | — 13,50 | 6,01  | — 0,43 | 33,14 | 4,95             | 1,06              | { Osann, Rosenbuschfestschrift<br>1906, S. 307 |
| 73,66 | — 14,46 | 5,65  | — 0,54 | 35,21 | 3,85             | 1,76              |  |
| 49,50 | — 24,30 | 9,1   | — 1,05 | 26,6  | 6,47             | 2,69              | Osann, T. M. 20. 1901                          |
| 77,46 | — 25,10 | 5,95  | 0,01   | 38,73 | 4,99             | 0,96              | "  |
| 51,68 | — 26,12 | 8,49  | 1,63   | 25,84 | 5,35             | 3,14              | "  |
| 57,18 | — 28,46 | 8,48  | 0,86   | 28,58 | 4,94             | 3,54              | Osann III 2                                    |
| 59,02 | — 29,82 | 8,09  | 1,52   | 29,51 | 5,30             | 2,79              | "  |
| 35,22 | — 32,58 | 11,35 | 1,64   | 35,22 | 6,41             | 4,92              | "  |
| 66,15 | — 32,81 | 11,22 | — 2,95 | 27,58 | 6,21             | 5,01              | "  |
| 16,13 | — 34,09 | 14,52 | 0,45   | 8,46  | 8,59             | 5,93              | "  |

## 2.—3. Arsotrachyte und Leuzittrachydolerite. Feld: Leu MH

|       |         |       |        |       |      |      |                               |
|-------|---------|-------|--------|-------|------|------|-------------------------------|
| 49,88 | — 1,48  | 6,45  | — 0,32 | 23,98 | 4,13 | 2,64 | Osann, Rosenb.-Festschr. 1906 |
| 47,60 | — 2,76  | 10,11 | — 3,22 | 19,45 | 8,76 | 1,35 | Osann T. M. 20. 1901          |
| 24,86 | — 9,50  | 9,49  | 2,11   | 12,43 | 5,43 | 4,06 | Osann T. M. 20. 1901          |
| 39,45 | — 10,37 | 8,04  | 1,90   | 20,70 | 6,14 | 1,90 | Osann III 2                   |
| 51,84 | — 12,08 | 8,66  | — 1,13 | 22,53 | 7,15 | 1,51 | Osann T. M. 20. 1901          |
| 28,04 | — 16,36 | 11,01 | 0,06   | 14,02 | 6,47 | 4,54 | Osann III 2                   |
| 42,76 | — 17,56 | 9,06  | 0,58   | 21,38 | 6,87 | 2,19 | "                             |
| 11,98 | — 23,54 | 13,09 | 1,71   | 3,47  | 7,64 | 5,34 | Osann T. M. 20. 1901          |

## 4. Leuzitphonolithe. Feld: Leu LH

|       |         |       |      |      |      |      |                      |
|-------|---------|-------|------|------|------|------|----------------------|
| 16,58 | — 0,86  | 9,55  | 1,97 | 8,29 | 6,73 | 2,82 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 13,06 | — 10,68 | 11,11 | 2,05 | 6,80 | 7,64 | 3,47 | "                    |
| 13,25 | — 13,25 | 11,77 | 1,46 | 6,76 | 6,61 | 5,61 | Osann III 2          |

## 6.—7. Trachyte und Fortunit. Feld: Le b H

|       |       |      |      |       |      |      |                               |
|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------------------------------|
| 7,12  | 25,12 | 7,72 | 1,50 | 3,56  | 4,26 | 3,46 | Osann T. M. 20. 1901          |
| 7,76  | 24,00 | 7,96 | 1,14 | 3,53  | 4,68 | 3,28 | S. 207                        |
| 47,28 | 0,76  | 6,02 | 0,95 | 23,64 | 4,53 | 1,49 | Osann, Rosenb.-Festschr. 1901 |

## 8. Rhyolithe (Kaliliparite). Feld: Q E a

|      |       |      |      |      |      |      |                           |
|------|-------|------|------|------|------|------|---------------------------|
| 4,54 | 39,74 | 6,33 | 1,27 | 2,37 | 3,18 | 3,15 | Osann T. M. 20. 1901      |
| 0,51 | 38,40 | 7,21 | 0,65 | 0,34 | 3,80 | 3,41 | Osann III 1               |
| 8,28 | 36,88 | 6,47 | 0,77 | 4,14 | 3,84 | 2,61 | Osann T. M. 20. 1901      |
| 3,12 | 36,56 | 6,92 | 1,24 | 1,56 | 3,82 | 3,10 | "                         |
| 3,96 | 33,92 | 7,28 | 1,22 | 1,98 | 4,11 | 3,17 | "                         |
| 4,54 | 28,28 | 7,94 | 0,73 | 2,27 | 4,33 | 3,61 | A. Johnsen, B. Akad. 1912 |



## Ia. Kalikalk-

## 1. Leuzitbasalte. Feld: N O M

L

|      |              |                         |       |
|------|--------------|-------------------------|-------|
| 371  | Leuzitbasalt | Veitskopf, Laachersee   | 47,60 |
| 372  | Leuzitbasalt | Gönnersdorf, Laachersee | 45,84 |
| 364  | Leuzitit     | Capo di Bove, Rom       | 74,16 |
| 2601 | Lava Sperone | Rocca di Papa           | 81,80 |

## 2. Leuzitite und Leuzitbasanite. Feld: N M D

|               |               |  |       |
|---------------|---------------|--|-------|
| 367           | Leuzitbasalt  | Hochstein, Laachersee                  | 51,84 |
| 2529          | Leuzitbasanit | Otajano, Vesuv, Italien                | 61,36 |
| 2510          | Leuzitbasanit | Mt. Compatri, Italien                  | 68,60 |
| 318           | Leuzitbasanit | La Crocella, Vesuv 1871                | 74,60 |
| 2605          | Leuzitit      | Mt. Jugo, Montefiascone                | 63,84 |
| 319           | Leuzitbasanit | Vesuv, 3. III. 1881                    | 78,16 |
| 2606          | Leuzitit      | Mt. Rado, Bolsenersee                  | 61,96 |
| 2608          | Leuzitit      | Pofi, Hernikerland                     | 73,28 |
| 2604          | Leuzitit      | Arcioni, Albanergebirge                | 79,76 |
| Celebes I. 12 | Leuzitbasanit | Bangkeng Sekiang, Pangkadjene, Celebes | 64,72 |
| 2524          | Leuzitbasanit | Val Inferno, Vesuv, 27. IV. 1903       | 80,96 |
| 2510          | Leuzitbasanit | Tichiena, Italien                      | 80,40 |
| 2527          | Leuzitbasanit | Vesuv, 8. IV. 1906                     | 80,84 |
| 2526          | Leuzitbasanit | Vesuv, 8. IV. 1906 Beginn d. Er.       | 81,32 |
| 365           | Leuzitit      | Frascati, Rom                          | 74,52 |
| 2523          | Leuzitbasanit | Vesuv, 1872, Observatorium             | 81,20 |
| 314           | Leuzitbasanit | Vesuv 1760                             | 72,68 |
| 2597          | Lava Sperone  | Villa Lancelotti                       | 87,44 |
| 2525          | Leuzitbasanit | La Scala, Torre del Greco, Vesuv       | 80,16 |
| 311           | Leuzitbasanit | Granatello, Vesuv 1631                 | 66,04 |
| 313           | Leuzitbasanit | Piano del Genestre, Vesuv              | 71,56 |
| 363           | Leuzitit      | Crocicchie, Braccianersee              | 83,60 |
| 2600          | Lava Sperone  | Rocca di Papa                          | 88,20 |
| 2599          | Lava Sperone  | Rocca di Papa                          | 95,48 |

## 1. Familie der Leuzitbasalte. Feld: N M O.

Mineralkombination: Leuzit, Augit, Olivin. Die negativen Q-Werte beeinflussen die leukokraten und melanokraten Bestandteile. Trotz hoher C-Werte kann es nicht zur Anorthitbildung kommen, weil die Kieselsäure nicht ausreicht. Statt Anorthit  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$ , steckt ein Silikat  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  im Augit, der tonerdehaltig ist (Tschermaks Molekül), oder Melilith kristallisiert wie im Leuzitit vom Capo di Bove.

## 2. Familie der Leuzitite und Leuzitbasanite. Feld: N M D.

Mineralogisch unterscheiden sich die Leuzitite von den Basaniten dadurch, dass erstere keinen Olivin und keinen Anorthit, dafür aber Tschermaks Molekül ausscheiden, letztere Anorthit bilden und dafür Olivin ausscheiden. Chemisch sind die Magmen gleich.



magmen.

| M     | Q       | A    | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                      |
|-------|---------|------|------|-------|------------------|-------------------|----------------------|
| 70,62 | — 18,22 | 4,34 | 3,22 | 35,31 | 2,15?            | 2,18              | Osann T. M. 20. 1901 |
| 72,64 | — 18,48 | 3,78 | 3,90 | 36,32 | 2,03             | 1,75              | "                    |
| 51,74 | — 25,90 | 6,53 | 5,48 | 25,87 | 4,76             | 1,77              | "                    |
| 51,32 | — 33,12 | 8,64 | 3,17 | 25,66 | 4,40             | 4,24              | "                    |

|       |         |      |      |       |      |      |                      |
|-------|---------|------|------|-------|------|------|----------------------|
| 61,46 | — 13,30 | 3,91 | 5,14 | 30,73 | 2,50 | 1,49 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 53,61 | — 14,97 | 5,11 | 5,12 | 26,99 | 3,27 | 2,73 | Osann III 2          |
| 47,89 | — 16,49 | 6,32 | 4,51 | 25,77 | 4,82 | 1,50 | Osann III 2          |
| 43,06 | — 17,66 | 6,55 | 5,55 | 21,33 | 4,37 | 2,18 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 54,04 | — 17,88 | 6,43 | 3,10 | 27,66 | 4,85 | 1,58 | Osann III 2          |
| 41,16 | — 19,32 | 6,97 | 5,60 | 20,58 | 4,29 | 2,68 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 57,59 | — 19,55 | 6,20 | 3,09 | 29,63 | 4,45 | 1,75 | Osann III 2          |
| 46,64 | — 19,92 | 7,10 | 4,12 | 23,96 | 5,36 | 1,74 | "                    |
| 40,46 | — 20,12 | 8,06 | 3,82 | 20,93 | 5,57 | 2,49 | "                    |
| 55,52 | — 20,24 | 6,64 | 2,90 | 27,76 | 5,76 | 0,88 | S. 186—187.          |
| 40,58 | — 21,54 | 8,59 | 3,06 | 20,81 | 5,70 | 2,89 | Osann III 2          |
| 41,42 | — 21,60 | 8,21 | 3,68 | 20,61 | 4,68 | 3,53 | "                    |
| 41,61 | — 22,45 | 8,19 | 3,83 | 21,04 | 5,14 | 3,05 | "                    |
| 41,46 | — 22,78 | 8,02 | 4,29 | 21,05 | 5,06 | 2,96 | "                    |
| 48,44 | — 22,96 | 7,14 | 4,35 | 24,22 | 4,59 | 2,55 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 41,94 | — 23,14 | 8,35 | 3,60 | 21,52 | 5,34 | 3,01 | Osann III 2          |
| 51,40 | — 24,08 | 7,16 | 3,85 | 25,70 | 4,65 | 3,51 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 36,88 | — 24,32 | 8,79 | 4,28 | 20,66 | 6,34 | 2,45 | Osann III 2          |
| 44,28 | — 24,44 | 8,44 | 3,16 | 21,62 | 5,46 | 2,98 | Osann III 2          |
| 58,66 | — 24,70 | 7,19 | 2,13 | 29,33 | 4,39 | 2,80 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 53,80 | — 25,36 | 7,48 | 2,94 | 26,90 | 4,78 | 2,70 | "                    |
| 42,04 | — 25,64 | 8,78 | 3,34 | 21,02 | 5,94 | 2,84 | "                    |
| 41,28 | — 29,48 | 8,83 | 4,39 | 20,64 | 5,40 | 3,43 | Osann III 2          |
| 36,92 | — 32,40 | 8,78 | 6,31 | 18,46 | 5,17 | 3,61 | "                    |

Die in Frage kommenden Schmelzpunkte sind: Leuzit 1370°, Labrador 1490°, Olivin 1445°, Tonerde-Augit 1200°, daraus geht hervor, dass bei den Leuzititen das Temperaturintervall 1500°—1300° sehr schnell durchlaufen wurde, dass es zur Bildung von Olivin und Anorthit nicht kommen konnte.

Die Leuzitite sind deshalb die heisseren Magmen gewesen.

3.—4. Familie der Leuzittephrite. Feld: N D L.

Die Leuzittephrite sind Feldspat-Leuzitgesteine ohne Olivin.

Die negativen Q-Werte beziehen sich auf die leukokraten Bestandteile.

5. Familie der Absharokite. Feld: L M O.

Die Familie der Kalibasalte zerfällt in die leukokraten Ciminite und die melanokraten Absharokite.



## Ia. Kalikalk-

## 3.—4. Leuzittephrite. Feld: N D L

L

|            |               |                                     |       |
|------------|---------------|-------------------------------------|-------|
| 2517       | Leuzittephrit | Toscanelia, Vulsini                 | 78,88 |
| 2516       | Leuzittephrit | Croce di San Martino, Vico          | 92,80 |
| Java II. 1 | Leuzittephrit | Ragoe, Vulkan Moeria, Java          | 73,88 |
| Java II. 8 | Leuzittephrit | Kali Sekatak, Ragoe, Moeria         | 81,00 |
| 375        | Leuzitbasanit | Byrock, N. S.-Wales                 | 67,48 |
| 2518       | Leuzittephrit | Mte. Foliano, Vico                  | 97,36 |
| 2522       | Leuzittephrit | Mte. Cavallo, Orvieto               | 80,80 |
| 2521       | Leuzittephrit | Madonna del Riposo, Braccianersee   | 84,44 |
| 2541       | Leuzittephrit | Somma                               | 97,20 |
| Java II. 7 | Leuzittephrit | Fluss Gillinan, Masin, Moeria, Java | 81,12 |
| 20         | Leuzittephrit | Poggio Cotognola, Braccianersee     | 93,16 |
| 2519       | Leuzittephrit | Mt. San Antonio                     | 99,00 |
| 304        | Leuzittephrit | Onchi, Rocca Monfina                | 83,56 |
| 2521       | Leuzittephrit | Mt. Cavallo, b. Orvieto             | 87,16 |
| 2556       | Leuzittephrit | Vesuv                               | 88,80 |
| 310        | Leuzittephrit | Conca, Rocca Monfina                | 82,60 |

## 5. Absharokite. Feld: L M O

|            |                 |                                     |       |
|------------|-----------------|-------------------------------------|-------|
| 69         | Biotitvulsinit  | St. Croce, Rocca Monfina            | 74,20 |
|            | Absharokit      | Mezzano, Bolsenersee                | 54,76 |
|            | Absharokit      | Two Ozean Plateau                   | 59,12 |
| 70         | Ciminit         | Fiesole, Mt. Cimini                 | 73,40 |
| 2450       | Orthoklasbasalt | Berkeley, N. S.-Wales               | 80,72 |
| 280        | Absharokit      | Raven Creek, Yellowstone            | 49,76 |
| 278        | Absharokit      | Cache Creek, Yellowstone            | 54,48 |
| 2552       | Sommait         | Somma                               | 67,84 |
| 279        | Absharokit      | Clarks Fork, Yellowstone            | 49,80 |
| Java II. 5 | Absharokit      | Fluss Gillinan, Masen, Moeria, Java | 63,53 |
| 814        | Ciminit         | Fossa della Parchetta, Cimini       | 69,56 |
| 313        | Absharokit      | Sunlight Valley, Yellowstone        | 46,80 |
| 281        | Absharokit      | Lamar River, Yellowstone            | 52,52 |
| 2562       | Absharokit      | Fiordine, Montefiascone             | 45,08 |

## 6.—7. Trachyte. Feld: L Eb D

|     |                   |                                      |       |
|-----|-------------------|--------------------------------------|-------|
| 147 | Trachyt           | Mte. Amiata                          | 69,84 |
| 67  | Trachyt           | Mte. di San Magno, Bolsenersee       | 69,52 |
| 71  | Trachyt           | Sassara, Mt. Alfiano                 | 68,48 |
| 193 | Glimmerbasalt ?   | St. Maria Basin, Arizona             | 62,88 |
| 215 | Basalt ? Vulsinit | Table Mt. Tuolumne Co., Kalifornien. | 66,80 |
| 99  | Vulsinit          | Mte. Venere                          | 74,00 |



magmen.

| M     | Q       | A     | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                      |
|-------|---------|-------|------|-------|------------------|-------------------|----------------------|
| 30,89 | — 9,77  | 7,52  | 4,68 | 15,10 | 4,78             | 2,74              | Osann III 2          |
| 17,13 | — 9,93  | 8,85  | 5,50 | 8,83  | 5,57             | 3,28              | "                    |
| 36,72 | — 10,60 | 7,04  | 4,98 | 14,59 | 3,52             | 3,52              | S. 234, 235          |
| 31,70 | — 12,70 | 8,61  | 3,55 | 13,01 | 4,93             | 3,68              | S. 234, 235          |
| 45,56 | — 13,04 | 5,79  | 5,29 | 22,78 | 5,21             | 0,58              | Osann T. M. 20. 1901 |
| 17,18 | — 14,54 | 10,97 | 2,40 | 8,95  | 7,69             | 3,28              | Osann III 2          |
| 34,74 | — 15,57 | 8,04  | 4,18 | 17,92 | 5,34             | 3,95              | "                    |
| 31,44 | — 15,83 | 9,14  | 2,83 | 14,76 | 6,92             | 2,22              | "                    |
| 18,84 | — 16,04 | 9,89  | 4,52 | 9,82  | 5,66             | 4,23              | "                    |
| 35,14 | — 16,26 | 8,93  | 3,14 | 13,38 | 4,53             | 4,40              | S. 234, 235          |
| 24,69 | — 17,85 | 9,93  | 3,43 | 13,21 | 6,98             | 2,95              | Osann T. M. 20. 1901 |
| 20,36 | — 19,36 | 10,25 | 4,25 | 10,70 | 7,88             | 2,37              | Osann III 2          |
| 36,91 | — 20,47 | 7,56  | 5,77 | 19,04 | 4,33             | 3,23              | Washington I, S. 304 |
| 33,34 | — 20,50 | 8,54  | 4,71 | 17,21 | 5,31             | 3,23              | Osann III 2          |
| 34,07 | — 22,87 | 9,02  | 4,16 | 17,89 | 5,61             | 3,41              | "                    |
| 39,70 | — 22,30 | 7,45  | 5,71 | 19,85 | 4,26             | 3,21              | Osann T. M. 20. 1901 |

|       |         |      |      |       |      |      |                      |
|-------|---------|------|------|-------|------|------|----------------------|
| 27,80 | — 2,00  | 6,18 | 6,19 | 13,90 | 3,10 | 3,08 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 47,68 | — 2,44  | 4,15 | 5,39 | 23,84 | 2,79 | 1,36 | Washington I, S. 814 |
| 44,72 | — 3,84  | 5,63 | 3,52 | 23,33 | 2,98 | 2,65 | "                    |
| 31,26 | — 5,26  | 6,47 | 5,41 | 15,93 | 4,59 | 1,88 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 26,04 | — 6,76  | 7,97 | 4,24 | 13,93 | 4,18 | 3,79 | Osann III 2          |
| 57,04 | — 6,80  | 4,67 | 3,10 | 28,52 | 2,61 | 2,06 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 52,34 | — 6,82  | 4,98 | 3,66 | 26,17 | 3,39 | 1,59 | "                    |
| 39,26 | — 7,10  | 5,05 | 7,81 | 19,25 | 2,92 | 2,13 | Osann III 2          |
| 57,94 | — 7,74  | 4,37 | 3,71 | 28,97 | 2,81 | 1,56 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 45,74 | — 9,26  | 5,74 | 4,93 | 19,55 | 3,22 | 2,52 | S. 234, 235          |
| 41,16 | — 10,72 | 7,11 | 3,17 | 21,02 | 5,07 | 2,04 | Washington I         |
| 65,97 | — 12,77 | 4,55 | 2,60 | 33,57 | 2,60 | 1,95 | "                    |
| 62,76 | — 15,28 | 5,05 | 3,03 | 31,38 | 2,68 | 2,37 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 72,10 | — 17,18 | 3,46 | 4,35 | 36,70 | 2,43 | 1,03 | Osann III 2          |

|       |         |      |      |       |      |      |                      |
|-------|---------|------|------|-------|------|------|----------------------|
| 10,88 | + 19,28 | 6,78 | 3,90 | 5,44  | 3,94 | 2,84 | Osann T. M. 20. 1901 |
| 20,42 | 10,06   | 6,16 | 5,06 | 10,21 | 3,66 | 2,50 | "                    |
| 25,28 | 6,24    | 5,49 | 6,14 | 12,64 | 3,19 | 2,30 | "                    |
| 34,76 | 2,36    | 6,67 | 2,38 | 17,38 | 3,41 | 3,26 | "                    |
| 31,00 | 2,20    | 5,83 | 5,04 | 15,50 | 3,13 | 2,70 | "                    |
| 25,76 | 0,24    | 6,25 | 6,00 | 12,88 | 4,78 | 1,47 | "                    |



Mineralogisch setzen sich die Ciminite und Vulsinite aus Sanidin, Biotit, Diopsid und Plagioklas, die Absharokite aus Orthoklas, Leuzit, Olivin, Augit und Labrador zusammen.

## B. Intermediäre Gesteine.

6.—7. Familie der Kalikalktrachyte. Feld: L Eb D.

Hierher gehören Trachyte und die Vulsinite.

### IIa. Die Natronkalikalkmagmen und Natronkalimagmen.

Diese Magmen entsprechen einer mittleren Zusammensetzung ohne ausgeprägte Vormachtstellung einer Komponente. Orthokas · Albit ~ Anorthit angenähert. Der mittlere Feldspat fällt in die Mitte des Feldspatdreiecks. Zwar ist  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ , aber in Bezug auf die eutektische Zusammensetzung der Alkalifeldspate, die bei 44 Or : 56 Ab liegt, ist  $\text{K}_2\text{O} > \frac{8}{10} \text{Na}_2\text{O}$ . Somit besitzen alle diese Gesteine noch die Merkmale von Kaligesteinen, wenn auch schwächer ausgeprägt, sie lassen sich eventuell mit der vorigen Gruppe vereinigen.

1. Leuzitnephelinbasalte. Feld: N O M.

2. Leuzitite und Leuzitbasanite. Feld: N M D.

3. Leuzittephrite (Vicoite) und Banakite. Feld: N D H.

Der Vicoit ist ein Kalifeldspat führender Leuzittephrit, während man unter Banakiten Gesteine der Kombination Orthoklas, Plagioklas, Analzim, Augit, Biotit versteht. Die Magmen sind gleich, die Tephrite sind wohl aus heisseren Magmen hervorgegangen.

4. Trachyphonolithe. Feld: N L H.

Als Trachyphonolithe fasse ich alle extrem leukokraten Gesteine mit negativen Q-Werten zusammen, die sich den echten Phonolithen nähern, aber von diesen durch C-Werte  $> 1$  unterschieden sind.

Gesteine dieser Art sind teils als Trachyte, teils als Phonolithe bezeichnet worden. Der Begriff Trachyt soll nur Gesteinen mit positiven Q-Werten vorbehalten bleiben.

5. Shoshonite. Feld: L M O.

Die Shoshonite sind Kalibasalte von der Kombination Olivin, Augit, Labrador, die Kalikomponente steckt im Orthoklas oder Leuzit. Von den Absharokiten unterscheiden sie sich dadurch, dass bei ihnen  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$  ist.

6.—7. Trachyte. Feld: L Eb D.

Die Trachyte sind intermediäre Gesteine mit positiven Q-Werten.

Die Latite entsprechen den Natron-Kali-Kalkmagmen mit ihren hohen C-Werten. Mineralogisch bestehen sie aus Labrador, Augit, Olivin, die Kalikomponente steckt in der Grundmasse als Sanidin.



Die Trachyte haben einen mittleren Feldspat  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O} \geq \frac{8}{10}\text{Na}_2\text{O}$ . (Eutektikum.) Die Alkalifeldspate haben einen geringen Überschuss an Orthoklas über die eutektische Zusammensetzung.

8. Liparite: Feld: Q Ea.

## II. Die Natronmagmen.

Die Natronmagmen sind durch  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$  und durch das fast vollständige Verschwinden der Anorthitkomponente ausgezeichnet. C ist selten grösser 0,5, meist negativ, d. h. die Tonerde reicht zur Absättigung der Alkalien nicht aus, es stellen sich Ägirin und Alkalieisenhornblenden ein. Dagegen erreicht der Kaligehalt höhere Werte. In solchen Fällen kommt es zur Anorthoklasbildung.

### 1. Die Familie der Buchonite. Feld: Ne O M.

Der Name Buchonit wurde von Sandberger für gewisse Nephelinsteine vom Kalvarienberg bei Poppenhausen in der Rhön gegeben, die in naher verwandtschaftlicher Beziehung zum Phonolith stehen. Ich möchte diesen Namen aufgreifen und den Begriff der Buchonite auf alle Nephelinbasalte ausdehnen, deren Augit ein Ägirin oder ein Ägirinaugit ist, für welche also C sehr klein ist, Gesteine, die den Natronmagmen angehören.

In allen diesen Gesteinen kann es noch zu Feldspatbildung kommen, so in dem Nephelindolerit von Meiches und in dem bekannten Katzenbuckelgestein, das Rosenbusch als shonkinitischen Trachydolerit bezeichnet und als Ergussform eines basischen Normalshonkinits mit hohem Nephelingegehalt auffasst. Auch dieser Nephelinbasalt würde in die so abgegrenzte Buchonitfamilie fallen. Eine ungewöhnliche Mineralbildung in dieser Gruppe ist der Eudialyt, der offenbar unter Mitwirkung von Fluida unter besonderen Umständen sich bildet.

Die Abtrennung dieser Gesteine vom Nephelinbasalt und ihre Benennung mit einem besonderen Namen rechtfertigt sich durch ihren Mineralbestand und ihre abweichende chemische Zusammensetzung.

Da die Anorthitkomponente verschwindet, fällt die nächste Gruppe, die ihre Grenze im Anorthit-Diopsideutektikum hat, in dieser Magmagruppe aus.

### 2.—3. Familie der Nephelinite und Kenyite. Feld: Ne MH.

Es gehören hierher alle Nephelinite mit sehr kleinen oder negativen C-Werten, Gesteine, die gewöhnlich sich an den Phonolith anschliessen. Auch die Rhombenporphyre und Kenyite, die durch ihre Anorthoklasführung ausgezeichnet sind, wären, soweit sie sehr kleine C-Werte besitzen, hierherzustellen. Auch sie pflegen mit Phonolithen vergesellschaftet zu sein.



## IIa und b. Die Natronkalikalkmagmen

## 1. Leuzitnephelinbasalte. Feld: NMO

L

|     |                  |                            |       |
|-----|------------------|----------------------------|-------|
| 282 | Leuzitabsharokit | Ishawoa Cañon, Yellowstone | 45,08 |
| 369 | Leuzitbasalt     | Bausenberg, Laachersee     | 46,08 |
| 368 | Leuzitbasalt     | Kunkskopf, Laachersee      | 52,52 |
| 370 | Leuzitbasalt     | Krufter Ofen, Laachersee   | 54,32 |

## 2. Leuzitite und Leuzitbasanite. Feld: NMD

|            |               |                                     |        |
|------------|---------------|-------------------------------------|--------|
| 323        | Leuzitbasanit | Blankenhornsberg, Kaiserstuhl       | 57,92  |
| Java II. 9 | Leuzitit      | Tadjung Anger, Insel Bawean         | 85,20  |
| 358        | Leuzitit      | Siderão, Capo Verde                 | 114,80 |
| 360        | Leuzitit      | Topo da Corão, S. Antão, Capo Verde | 117,84 |

## 3. Leuzittephrite (Vicoite, Trachydolerite, Banakite). Feld: NDH

|             |                        |                                    |        |
|-------------|------------------------|------------------------------------|--------|
| 287         | Banakit                | Stinking Water, Yellowstone        | 84,64  |
| 2747        | Orthoklasbasalt        | Bumbo Quarry, N.S.-Wales           | 77,44  |
| 2446        | Orthoklasbasalt        | Jamberoo, Kiama, Distr. N.S.-W.    | 77,88  |
| 9           | Banakit                | Arso, Ischia                       | 86,88  |
| 288         | Banakit                | Ishawoa Cañon, Yellowstone         | 81,20  |
| Java II. 1  | Vicoit                 | Kali Sekatak, Ragoe, Moeriah, Java | 73,88  |
| 293         | Banakit                | Beaverdam Creek, Yellowstone       | 87,56  |
| Java 11     | Vicoit (Leuzittephrit) | Tambora, Soembawa                  | 90,56  |
| 284         | Banakit                | Stinking Water Cañon, Yellowstone  | 87,08  |
| Soembawa 12 | Banakit                | Laboe Bili, Sanggar, Soembawa      | 84,56  |
|             | Leuzittephrit          | Vulcanello, Liparen                | 70,68  |
| Java II 2   | Biotitvicoit           | Kali Sekatak, Ragoe, Moeriah, Java | 74,48  |
| 297         | Nephelin-Leuzittephrit | Niedermendig, Rheinprovinz         | 79,56  |
| 264         | Augittrachyt           | Cuglieri, Mt. Ferru, Sardinien     | 101,60 |
| Java II 4   | Vicoit                 | Kali Sekatak, Ragoe, Moeriah, Java | 72,04  |

## 4. Trachyphonolithe. Feld: NLH

|             |           |                                   |        |
|-------------|-----------|-----------------------------------|--------|
| XV 2        | Phonolith | Ebersberg, Rhön                   | 83,56  |
| 54          | Trachyt   | Mte Vetta, Jschia                 | 88,64  |
| 58          | Trachyt   | Bolsenersee                       | 89,32  |
| 97          | Phonolith | Kostenblatt, Böhmen               | 101,40 |
| 261         | Trachyt   | Mt. Ferru, Sardinien              | 101,04 |
| Celebes I 9 | Phonolith | Spitze des Pic von Maros, Celebes | 110,46 |

## 5. Shoshonite. Feld: LMO

|     |                           |                                 |       |
|-----|---------------------------|---------------------------------|-------|
|     | Shoshonit (Trachyandesit) | Rocca Monfina, Italien          | 71,00 |
|     | Shoshonit                 | Sepulchre Mts, Yellowstone      | 72,96 |
| 290 | Leuzitshoshonit           | Pyramid Peak, Yellowstone       | 72,44 |
| 285 | Shoshonit                 | Indian Peak, Yellowstone        | 73,84 |
| 289 | Shoshonit                 | Hurricane Ridge, Crandallbassin | 65,92 |
| 291 | Shoshonit                 | Lamar River, Yellowstone        | 71,44 |
| 202 | Basalt?                   | North Table Mts., Colorado      | 70,12 |



## und Natronkalimagmen.

## 1. Leuzitnephelinbasalte. Feld: NMO

| M     | Q       | A    | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                     |
|-------|---------|------|------|-------|------------------|-------------------|---------------------|
| 71,46 | — 16,50 | 4,19 | 2,88 | 35,73 | 1,44             | 2,75              | Osann T.M. 20. 1901 |
| 70,52 | — 16,60 | 3,88 | 3,76 | 35,26 | 1,78             | 2,10              | "                   |
| 67,44 | — 19,96 | 5,21 | 2,71 | 33,72 | 2,16             | 3,05              | "                   |
| 66,16 | — 20,48 | 5,01 | 3,56 | 33,08 | 1,79             | 3,22              | "                   |

## 2. Leuzitite und Leuzitbasanite. Feld: NMD

|       |         |       |      |                               |      |      |                     |
|-------|---------|-------|------|-------------------------------|------|------|---------------------|
| 60,70 | — 18,62 | 5,95  | 2,58 | 30,35                         | 2,30 | 3,85 | Osann T.M. 20. 1901 |
| 41,52 | — 26,72 | 10,03 | 1,51 | 18,97 $\overset{e}{=}_{0,55}$ | 4,95 | 5,22 | S. 234, 235         |
| 22,56 | — 37,36 | 13,79 | 1,12 | 11,28                         | 4,34 | 9,45 | Osann T.M. 20. 1901 |
| 23,20 | — 41,04 | 14,16 | 1,14 | 11,60                         | 4,46 | 9,70 | "                   |

## 3. Leuzittephrite (Vicoite, Trachydolerite, Banakite). Feld: NDH

|       |         |       |      |                               |      |      |                        |
|-------|---------|-------|------|-------------------------------|------|------|------------------------|
| 18,72 | — 3,36  | 8,82  | 3,52 | 9,36                          | 3,94 | 4,88 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 26,91 | — 4,35  | 7,19  | 4,98 | 12,53                         | 3,03 | 4,16 | Osann III <sub>2</sub> |
| 26,79 | — 4,67  | 8,61  | 2,25 | 12,64                         | 2,99 | 5,62 | "                      |
| 20,21 | — 7,09  | 9,65  | 2,42 | 9,63                          | 4,31 | 5,34 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 29,40 | — 10,60 | 7,88  | 4,54 | 14,70                         | 2,75 | 3,48 | "                      |
| 36,72 | — 10,60 | 6,45  | 5,57 | 15,18 $\overset{e}{=}_{0,59}$ | 3,52 | 3,52 | S. 234, 235            |
| 23,18 | — 10,74 | 8,15  | 5,59 | 11,59                         | 3,25 | 4,76 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 20,28 | — 10,84 | 7,30  | 8,85 | 8,36 $\overset{e}{=}_{0,27}$  | 2,53 | 4,77 | S. 234, 235            |
| 26,12 | — 13,20 | 9,02  | 3,65 | 13,09                         | 4,02 | 5,04 | Osann T. M. 20. 1901   |
| 30,74 | — 15,30 | 6,27  | 8,60 | 15,65                         | 2,43 | 3,84 | S. 238, 239            |
| 45,24 | — 15,92 | 8,05  | 1,57 | 23,31                         | 3,77 | 4,28 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 41,66 | — 16,14 | 6,74  | 5,14 | 18,34 $\overset{e}{=}_{0,60}$ | 3,43 | 3,91 | S. 234, 235            |
| 36,84 | — 16,40 | 8,13  | 3,63 | 18,42                         | 3,38 | 4,75 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 17,88 | — 19,48 | 11,35 | 2,70 | 8,94                          | 5,48 | 5,87 | Osann III <sub>2</sub> |
| 49,68 | — 21,72 | 6,95  | 4,11 | 21,57 $\overset{e}{=}_{0,65}$ | 3,80 | 3,80 | S. 234, 237            |

## 4. Trachyphonolithe. Feld: NLH

|       |         |       |                              |      |      |      |                             |
|-------|---------|-------|------------------------------|------|------|------|-----------------------------|
| 18,03 | — 1,59  | 8,93  | 3,03                         | 7,86 | 4,18 | 4,70 | Bücking. S. B. Ak. 24. 1910 |
| 13,48 | — 2,16  | 10,12 | 1,93                         | 6,74 | 4,64 | 5,48 | Osann T.M. 20. 1901         |
| 17,84 | — 7,16  | 10,06 | 2,21                         | 8,92 | 4,77 | 5,29 | "                           |
| 8,00  | — 9,40  | 11,14 | 3,07                         | 4,00 | 5,48 | 5,66 | "                           |
| 12,80 | — 13,84 | 11,20 | 2,86                         | 6,40 | 4,62 | 6,58 | "                           |
| 6,74  | — 17,20 | 13,12 | 1,11 $\overset{e}{=}_{0,51}$ | 2,10 | 5,69 | 7,74 | S. 186, 187                 |

## 5. Shoshonite. Feld: LMO

|       |         |      |      |       |      |      |                      |
|-------|---------|------|------|-------|------|------|----------------------|
| 29,38 | — 0,38  | 6,18 | 5,40 | 14,69 | 3,09 | 3,09 | Washington I. S. 267 |
| 28,63 | — 1,59  | 6,40 | 5,44 | 12,94 | 2,68 | 3,72 | "                    |
| 31,54 | — 3,98  | 6,19 | 5,73 | 15,77 | 2,70 | 3,49 | Osann T.M. 20. 1901  |
| 30,22 | — 4,06  | 7,09 | 4,28 | 15,11 | 2,83 | 4,26 | "                    |
| 38,98 | — 4,90  | 5,69 | 5,10 | 18,73 | 2,25 | 3,44 | "                    |
| 37,96 | — 9,40  | 6,40 | 5,06 | 18,98 | 2,49 | 3,91 | "                    |
| 42,56 | — 12,68 | 5,90 | 5,73 | 21,28 | 2,73 | 3,17 | "                    |



## IIa und b. Die Natronkalikalkmagmen

### 6.—7. Trachyte. Feld: L Eb D

L

| A. Latite:   |                |                                   |       |
|--------------|----------------|-----------------------------------|-------|
| 121          | Quarzperlit    | Carbon Ridge, Nevada              | 65,28 |
| 65           | Latit          | Clover Meadow, Californien        | 76,80 |
| 68           | Augitlatit     | Dardanelle Flow, Californien      | 74,44 |
| B. Trachyte: |                |                                   |       |
| 36           | Trachyt        | Round Mt, Elk Mts, Colorado       | 68,24 |
|              | Trachyt        | Sisineddu, San Antioco            | 70,96 |
|              | Trachyt        | Calasetta, San Antioco            | 73,80 |
| 62           | Domit          | Puy de Dome                       | 75,80 |
| 61           | Glimmertrachyt | Game Ridge, Rosita Hill, Colorado | 83,48 |
| Oki 12       | Olivintrachyt  | Takuhiyama, Dôzen, Oki            | 83,16 |
| 63           | Trachyt        | Plateau de l'Angle, Mt. Dore      | 82,48 |
| 53           | Trachyt        | Algersdorf, Böhmen                | 84,68 |
| 8            | Trachyt        | Mt. Rotaro, Ischia                | 89,79 |
| 283          | Quarzbanakit   | Stinkingwater River, Yellowstone  | 81,68 |
| 55           | Trachyt        | Punta della Cima, Ischia          | 87,64 |

### 8. Liparite. Feld: Q Ea

|              |            |                                    |       |
|--------------|------------|------------------------------------|-------|
| 25           | Liparit    | Elephantsback, Yellowstone         | 56,12 |
| 10           | Liparit    | Hot Spring, Pah Utah Range, Nevada | 53,36 |
| 1490         | Tordrillit | Sweetwater, Nevada                 | 63,46 |
| 34           | Liparit    | Slate Creek, Lassen Peak           | 61,56 |
| 11           | Obsidian   | Monolake, Californien              | 61,12 |
| 9            | Obsidian   | Cerro de los Navajos, Mexiko       | 61,08 |
| Sumatra II 8 | Liparit    | Vulkan Manindjau, Sumatra          | 65,02 |
| 24           | Obsidian   | Forgia vecchia, Lipari             | 61,32 |
|              | Liparit    | Grotta dei Colombi, Antioco        | 62,13 |
| 1519         | Liparit    | Samoiti, Erythrea                  | 65,00 |
| 35           | Obsidian   | Medizine Lake, Californien         | 63,56 |
| 13           | Liparit    | Rocce Rosse, Lipari                | 64,08 |
|              | Liparit    | Grotta Canargius S. Antioco        | 63,00 |
|              | Liparit    | Birincampo, San Pietro             | 62,11 |
| 1489         | Tordrillit | Meadow Creek Cañon, Nevada         | 68,64 |
| 29           | Liparit    | Mafuhlid, Island                   | 65,56 |



## und Natronkalimagmen.

6.—7. Trachyte. Feld: L E<sub>b</sub> D

| M     | Q     | A     | C           | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                     |
|-------|-------|-------|-------------|-------|------------------|-------------------|---------------------|
|       |       |       | An %        |       | Or %             | Ab %              |                     |
| 12,20 | 22,52 | 6,00  | 4,32 (25,9) | 6,10  | 2,83 (34,6)      | 3,17 (39,5)       | Osann T.M. 20. 1901 |
| 12,44 | 10,76 | 7,75  | 3,68 (18,8) | 6,22  | 3,19 (33,3)      | 4,57 (47,9)       | "                   |
| 20,16 | 5,40  | 7,63  | 3,35 (18,3) | 10,08 | 3,60 (38,7)      | 4,03 (43,0)       | "                   |
| 4,94  | 26,82 | 7,46  | 2,14        | 2,47  | 3,45             | 4,01              | "                   |
| 3,54  | 25,50 | 8,46  | 0,75        | 1,77  | 4,16             | 4,30              | Johnsen B.Ak. 1912  |
| 4,26  | 21,94 | 8,99  | 0,47        | 2,13  | 4,13             | 4,86              | "                   |
| 10,64 | 14,56 | 8,10  | 2,25        | 5,32  | 3,74             | 5,18              | Osann T.M. 20. 1901 |
| 7,76  | 8,76  | 9,86  | 1,15        | 3,88  | 4,19             | 5,67              | "                   |
| 8,90  | 7,94  | 9,17  | 2,12        | 4,05  | 4,21             | 4,96              | S. 113              |
| 10,44 | 7,08  | 8,92  | 2,78        | 5,22  | 3,74             | 5,18              | "                   |
| 8,84  | 6,48  | 9,56  | 2,05        | 4,42  | 4,59             | 4,97              | "                   |
| 7,60  | 2,61  | 10,05 | 2,01        | 2,91  | 4,60             | 5,45              | "                   |
| 15,88 | 2,44  | 9,06  | 2,30        | 7,94  | 4,11             | 4,95              | "                   |
| 11,88 | 0,48  | 9,97  | 1,97        | 5,94  | 4,50             | 5,47              | "                   |

## 8. Liparite. Feld: Q Ea

| 5,40 | 38,48 | 6,39 | 1,25 | 2,70 | 2,90 | 3,49 | Osann T.M. 20. 1901    |
|------|-------|------|------|------|------|------|------------------------|
| 5,28 | 36,32 | 7,20 | 0,19 | 2,64 | 3,07 | 4,17 | "                      |
| 0,96 | 35,58 | 7,40 | 1,01 | 0,72 | 3,40 | 4,00 | Osann III <sub>1</sub> |
| 3,66 | 34,78 | 6,90 | 1,59 | 1,83 | 3,16 | 3,74 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 4,48 | 34,40 | 7,39 | 0,50 | 2,24 | 3,20 | 4,19 | "                      |
| 5,18 | 33,74 | 7,39 | 0,49 | 2,59 | 3,19 | 4,20 | "                      |
| 1,38 | 33,60 | 7,47 | 0,96 | 1,52 | 3,01 | 4,46 | S. 208, 209            |
| 5,98 | 32,70 | 7,24 | 0,85 | 2,99 | 3,17 | 4,07 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 5,92 | 31,95 | 6,92 | 1,58 | 2,96 | 3,08 | 3,84 | Johnsen B.Ak. 1912     |
| 3,72 | 31,28 | 7,31 | 1,63 | 2,17 | 3,08 | 4,23 | Osann III <sub>1</sub> |
| 5,58 | 30,86 | 7,21 | 1,47 | 2,79 | 2,97 | 4,24 | Osann T.M. 20. 1901    |
| 5,92 | 30,00 | 7,94 | 0,14 | 2,96 | 3,56 | 4,38 | "                      |
| 7,04 | 29,96 | 6,96 | 1,76 | 3,52 | 2,97 | 3,99 | Johnsen B.Ak. 1912     |
| 8,74 | 29,15 | 7,05 | 0,87 | 4,37 | 3,02 | 4,03 | "                      |
| 2,35 | 29,01 | 8,48 | 0,20 | 1,53 | 3,58 | 4,90 | Osann III <sub>1</sub> |
| 5,70 | 28,74 | 7,66 | 1,07 | 2,85 | 3,19 | 4,47 | Osann T.M. 20. 1901    |



## II. Natronmagmen.

## 1. Buchonit. Feld: Ne OM

L

|          |                         |                                     |       |
|----------|-------------------------|-------------------------------------|-------|
| XVII. 16 | Buchonit                | Kalvarienberg b. Poppenhausen, Rhön | 56,08 |
| 326      | Nephelindolerit         | Meiches, Vogelsgebirge              | 41,36 |
| XVII. 17 | Buchonit                | Kalvarienberg b. Poppenhausen       | 57,12 |
| 382      | Nephelin-Melilithbasalt | Burgstall, Hegau                    | 42,44 |
| 329      | Buchonit (Me.-Basalt)   | Katzenbuckel, Odenwald              | 60,40 |
| 332      | Buchonit (Nephelinit)   | Katzenbuckel, Odenwald              | 63,36 |
| 2641     | Eudialytnephelinbasalt  | Shannon Tier, Hobart, Tasmanien     | 58,4  |
| VI9      | Buchonit                | Dreistelz, Rhön                     | 61,12 |
| VI8      | Buchonit                | Bauersberg, Rhön                    | 75,28 |

## 2.—3. Nephelinite und Kenyite. Feld: Ne MH

|      |                       |                                   |        |
|------|-----------------------|-----------------------------------|--------|
| 13   | Hauynphonolith        |                                   |        |
|      | sogen. LaacherTrachyt | SO.-Ecke, Laacher See             | 102,00 |
| 2441 | Kenyit                | Berg Höhnel, Kenya                | 99,76  |
| 2436 | Kenyit                | Ost-Kibo 5600 m, Kilimandscharo   | 103,52 |
| 2435 | Kenyit                | West-Kibo 4500 m                  | 105,52 |
| 1722 | Kenyit                | Kerguelen-Inseln, Ind. Ozean      | 104,45 |
| 2439 | Kataphoritrachyt      | Westkibo                          | 104,00 |
| 2440 | Kenyit                | Telekital, Kenya                  | 107,28 |
| 2438 | Kenyit                | Nordwest-Kibo 3300—3700 m         | 106,48 |
| 2437 | Leuzitkenyit          | Nordost-Kibo 5000 m               | 112,08 |
|      | Hauynphonolith        | Tachaberg, Polen                  | 109,76 |
| 361  | Nephelinit            | Etinde, Kamerun                   | 106,88 |
| 328  | Nephelinit            | Covão Krater, S. Antão, Capverden | 96,88  |

## 4. Phonolithe. Feld: Ne HL

|      |                      |                                       |        |
|------|----------------------|---------------------------------------|--------|
| 50   | Ägirintrachyt        | Kühlsbrunnen, Siebengebirge           | 85,52  |
| 1721 | Ägirintrachyt        | Tahiti, Südsee                        | 94,84  |
| 51   | Ägirintrachyt        | Hartenfels, Westerwald                | 86,72  |
| 43   | Sodalithtrachyt      | Scarrupata, Sardinien                 | 91,52  |
| 78   | Phonolith            | Bear lodge, Black Hills, Dakota       | 101,20 |
| 84   | Roche Sanadoire      | Mt. Dore, Zentral-Frankreich          | 102,12 |
| 1705 | Phonolith            | Vulkan Siroua, Marokko                | 105,12 |
| 85   | Phonolith            | Bull Cliff, Colorado                  | 103,72 |
| 74   | Phonolithobsidian    | Alta Vista, Pico de Teyde, Tenerifa   | 102,64 |
| 87   | Leuzitphonolith      | Mt. Cimini, Italien                   | 99,36  |
| 2469 | Phonolith            | Cap Crozier, Antarktikum              | 109,72 |
| 72   | Phonolith            | Mitre Peak, Straub Mts, Crepple Creek | 110,80 |
| 2470 | Phonolith            | Brown Island, Antarktikum             | 111,68 |
| 73   | Phonolith            | Black Hills, S. Dakota                | 111,84 |
| 4    | Bimstein a. d. Trass | Brohltal, Laachersee                  | 110,00 |
| 79   | Phonolith            | Southboro, Mass.                      | 115,36 |
| 75   | Phonolith            | Pleasant Vally, Colfax Co, Mass.      | 117,36 |
| 80   | Phonolith            | Uvalde Co, Texas                      | 115,92 |
| 86   | Phonolith            | Msid Gharian, Tripolis                | 119,16 |
| 76   | Nephelinit           | Heldburg b. Koburg                    | 130,68 |
| 81   | Phonolith            | Rio Mannu, Mt. Ferru, Sardinien       | 128,60 |



## II. Natronmagmen.

## 1. Buchonite. Feld: Ne O M

| M     | Q       | A    | C (e)  | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                            |
|-------|---------|------|--------|-------|------------------|-------------------|----------------------------|
| 75,10 | — 31,18 | 7,01 | — 5,59 | 20,78 | 2,66             | 9,94              | Bücking B.Ak. S. 1910. 24  |
| 91,98 | — 33,34 | 5,12 | 0,10   | 45,99 | 0,97             | 4,35              | Osann T. M. 1901. 20       |
| 76,88 | — 34,00 | 7,14 | — 6,71 | 20,11 | 2,77             | 11,08             | Bücking B. Ak. S. 1910. 24 |
| 92,10 | — 34,54 | 4,96 | 0,69   | 46,05 | 1,47             | 3,49              | Osann T. M. 20. 1901       |
| 74,22 | — 34,62 | 7,55 | 3,15   | 37,60 | 2,12             | 8,60              | "                          |
| 71,76 | — 35,12 | 7,55 | — 0,74 | 35,88 | 1,94             | 5,61              | "                          |
| 83,6  | — 41,6  | 7,0  | 0,6    | 43,9  | 1,4              | 5,6               | Osann III 2                |
| 82,19 | — 43,31 | 7,64 | — 0,81 | 37,92 | 0,73             | 7,72              | Bücking Sitzb. Berl.       |
| 72,12 | — 47,40 | 9,41 | — 3,03 | 30,54 | 2,45             | 9,99              | Akademie 24. 1910          |

## 2.—3. Nephelinite und Kenyite. Feld: Ne M H

|       |         |       |        |                          |      |       |                                    |
|-------|---------|-------|--------|--------------------------|------|-------|------------------------------------|
| 14,85 | — 16,85 | 12,27 | 0,96   | 1,99 <sup>e = 0,25</sup> | 4,85 | 9,07  | Bruhns in Brauns                   |
| 21,28 | — 21,04 | 12,17 | 0,60   | 10,64                    | 4,10 | 8,07  | N. J. f. M. B. B. 41. 1916. S. 462 |
| 20,04 | — 23,56 | 12,78 | 0,32   | 10,02                    | 3,87 | 8,91  | Osann III 2                        |
| 18,19 | — 23,71 | 13,19 | — 1,21 | 8,21                     | 4,71 | 9,67  | "                                  |
| 19,39 | — 23,87 | 12,99 | 0,14   | 8,88                     | 4,68 | 8,41  | Osann III 2                        |
| 21,26 | — 25,26 | 13,00 | — 0,61 | 8,72                     | 4,33 | 9,28  | "                                  |
| 18,09 | — 25,37 | 13,41 | — 0,55 | 8,09                     | 3,95 | 10,01 | Osann III 2                        |
| 20,27 | — 26,75 | 13,31 | — 0,41 | 8,63                     | 4,51 | 9,21  | "                                  |
| 15,43 | — 27,51 | 14,01 | — 0,18 | 6,34                     | 4,29 | 9,90  | "                                  |
| 26,00 | — 35,76 | 13,72 | — 0,49 | 11,53                    | 4,44 | 9,77  | Scheumann S. Ak. 32. 1913          |
| 36,32 | — 43,20 | 13,36 | — 1,60 | 13,36                    | 5,17 | 9,79  | Osann T. M. 20. 1901               |
| 52,82 | — 48,10 | 11,95 | 0,32   | 26,11                    | 2,28 | 9,67  | "                                  |

## 4. Phonolithe. Feld: Ne H L

|       |         |       |        |      |       |       |                                      |
|-------|---------|-------|--------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| 15,52 | — 0,84  | 10,63 | 0,07   | 7,76 | 3,98  | 6,70  | Osann T. M. 20. 1901                 |
| 8,84  | — 3,68  | 11,36 | 0,99   | 4,13 | 4,45  | 7,25  | Osann III 2                          |
| 19,26 | — 5,98  | 10,43 | 0,82   | 9,63 | 3,01  | 7,42  | Osann T. M. 20. 1901                 |
| 15,16 | — 6,68  | 11,44 | — 1,33 | 3,59 | 4,36  | 8,41  | "                                    |
| 9,48  | — 10,68 | 12,65 | — 0,39 | 3,57 | 3,39  | 9,65  | "                                    |
| 9,66  | — 11,78 | 12,69 | 0,15   | 4,83 | 4,09  | 8,60  | "                                    |
| 8,33  | — 13,45 | 12,78 | 0,72   | 3,73 | 5,02  | 8,22  | Osann III 2                          |
| 11,06 | — 14,78 | 13,07 | 0,21   | 5,53 | 4,25  | 8,61  | Osann T. M. 20. 1901                 |
| 13,12 | — 15,76 | 14,67 | — 1,51 | 2,06 | 2,56  | 11,78 | "                                    |
| 16,70 | — 16,06 | 12,42 | — 1,17 | 4,84 | 3,02? | 10,57 | "                                    |
| 9,39  | — 19,11 | 13,62 | 0,19   | 3,96 | 4,37  | 9,25  | Osann III 2                          |
| 8,76  | — 19,52 | 13,85 | — 1,00 | 2,05 | 4,00  | 10,85 | Osann T. M. 20. 1901                 |
| 9,16  | — 20,84 | 13,96 | — 0,74 | 3,00 | 3,67  | 11,03 | Osann III 2                          |
| 9,08  | — 20,92 | 13,95 | — 0,64 | 2,62 | 3,88  | 10,74 | Osann T. M. 20. 1901                 |
| 13,60 | — 23,60 | 13,75 | 0,00   | 6,80 | 4,31  | 9,72  | K. Völzing in R. Brauns              |
| 10,76 | — 26,12 | 14,42 | — 0,43 | 4,09 | 3,76  | 11,09 | N. J. f. Min. B. B. 41. 1916. S. 441 |
| 11,68 | — 29,04 | 14,67 | — 1,44 | 3,20 | 4,26  | 11,85 | Osann T. M. 20. 1901                 |
| 14,20 | — 30,12 | 14,49 | — 1,17 | 3,59 | 3,70  | 11,96 | "                                    |
| 12,98 | — 32,14 | 14,53 | 0,73   | 6,49 | 3,63  | 10,90 | "                                    |
| 4,72  | — 35,40 | 16,32 | 0,00   | 2,36 | 2,99  | 13,33 | "                                    |
| 7,72  | — 36,32 | 15,72 | 0,71   | 3,86 | 4,33  | 11,39 | "                                    |



## II. Natronmagmen.

## 6.—7. Comendit- und Pantellerittrachyte.

L

|         |                     |   |       |
|---------|---------------------|---|-------|
| 1540    | Trachyt             | Trachyt Range, Glasshouse, Mts., Queensl. | 62,72 |
|         | Trachyt             | Cala Lunga, San Antioco                   | 67,68 |
| Oki 3   | geb. Alkalirhyolith | Terayama, Dôgo, Oki, Japan                | 75,47 |
| 1540    | Comendittrachyt     | Vieja Mts., Texas                         | 71,28 |
| 1517    | Obsidian            | Vulkan Alid, Erythrea                     | 71,68 |
| Oki 6   | Comendittrachyt     | Nagamuro, Dôgo, Oki, Japan                | 67,35 |
| 1518    | Bimsstein           | Vulkan Alid, Erythrea                     | 69,44 |
| Oki     | Trachyt             | Utagi Dôgo, Oki, Japan                    | 75,08 |
|         | Trachyt             | Cala Porticello, Pantelleria              | 73,12 |
|         | Comendittrachyt     | Comende, San Pietro                       | 75,2  |
| Timor 2 | Comendittrachyt     | Tunbaba-Haumeni, Timor                    | 73,84 |
| Oki 7   | Comendittrachyt     | Utagi, Dôgo, Oki, Japan                   | 70,96 |
| 133     | Comendittrachyt     | San Mateo Mts. New-Mexiko                 | 85,27 |
| 45      | Riebeckittrachyt    | Hohenburg b. Berkum                       | 86,48 |
| 1553    | Pantellerittrachyt  | Fantalé, Somaliland                       | 54,16 |
| 130     | Pantellerittrachyt  | Cuddia Midda, Pantelleria                 | 51,84 |
| 131     | Pantellerittrachyt  | St. Elmo, Pantelleria                     | 51,04 |
| 132     | Pantellerittrachyt  | Khania, Pantelleria                       | 56,08 |
| 1538    | Pantellerittrachyt  | See Nakuru, Ostafrika                     | 55,20 |

## 8.—9. Comendit und Pantellerit.

|         |                    |   |       |
|---------|--------------------|---|-------|
| 1526    | Comendit           | Hol-Hol, Djibuti, Afarland              | 58,57 |
| 1478    | Riebeckittrhyolith | Spitze Chisos Mts. Texas                | 59,20 |
|         | Comendit           | Mercureddu, San Pietro                  | 54,08 |
| 1479    | Riebeckittrhyolith | Shafter, Texas                          | 56,56 |
| 1529    | Comendit           | Isgaganbucht, Ost-Sibirien              | 61,76 |
|         | Comendit           | Mercureddu, San Pietro                  | 53,68 |
| 1531    | Comendit           | Mt. Coolum, Yandina N.S.W.              | 61,68 |
| Timor I | Comendit           | Manumea Fluss, Timor                    | 53,84 |
|         | Comendit           | Guardia del Mori, San Pietro            | 57,12 |
| 4       | Comendit           | Comende, San Pietro                     | 59,60 |
| 1539    | Comendit           | Ngun-Ngun, Glasshouse Mts., Queensland  | 61,04 |
| 1532    | Comendit           | Moullon, Somaliland                     | 61,40 |
|         | Comendit           | Canale del Braccio, San Pietro          | 63,16 |
| 1481    | Comendit           | Paisano Mts., Texas                     | 61,12 |
| 1516    | Comendit           | Zinder, W. Tsadsee                      | 62,24 |
| 1525    | Pantellerit        | Morne Rouge, Obock, Afarland            | 46,16 |
|         | Pantellerit        | Le Fontane, San Pietro                  | 49,92 |
| 127     | Pantellerit        | Khagiar, Pantelleria                    | 33,18 |
| 128     | Pantellerit        | Sidori, Pantelleria                     | 30,48 |
|         | Pantellerit        | Mayor Island, Bai of Plenty, Neuseeland | 52,40 |
| 1537    | Pantellerit        | See Naivasha, Ostafrika                 | 43,44 |
| 129     | Pantellerit        | Khartibugal, Pantelleria                | 41,76 |
|         | Pantellerit        | Fort Davis, Texas                       | 59,20 |
| 1534    | Pantellerit        | Yaba, Somaliland                        | 52,80 |



## II. Natronmagmen.

Feld: L H Ea und ab H D.

| M     | Q     | A     | C (e)  | F    | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                      |
|-------|-------|-------|--------|------|------------------|-------------------|----------------------|
| 9,66  | 27,62 | 7,84  | — 1,01 | 1,46 | 3,58             | 5,27              | Osann III 1          |
| 5,58  | 26,74 | 8,46  | — 0,03 | 2,70 | 3,50             | 4,99              | Johnsen B. Ak. 1912  |
| 1,60  | 22,93 | 9,10  | + 0,86 | 0,27 | 4,28             | 4,82              | S. 112               |
| 7,33  | 21,39 | 8,91  | — 0,09 | 1,30 | 3,96             | 5,04              | Osann II             |
| 7,39  | 20,93 | 8,96  | — 0,64 | 1,76 | 3,59             | 6,01              | "                    |
| 12,27 | 20,38 | 9,08  | + 0,07 | 4,80 | 3,96             | 5,12              | S. 112               |
| 10,86 | 19,70 | 8,68  | — 1,26 | 2,89 | 3,18             | 6,76              | Osann III 1          |
| 10,31 | 14,61 | 9,14  | + 0,49 | 8,86 | 4,22             | 4,92              | S. 112               |
| 13,71 | 13,17 | 9,10  | + 0,08 | 6,03 | 2,82             | 6,28              | Osann T. M. 20. 1901 |
| 12,4  | 12,4  | 9,4   | — 2,5  | 2,7  | 2,1              | 9,8               | "                    |
| 15,80 | 10,36 | 9,23  | — 0,13 | 6,21 | 3,49             | 5,87              | S. 247               |
| 12,21 | 6,83  | 9,14  | + 0,18 | 3,29 | 4,22             | 4,92              | S. 112               |
| 10,46 | 4,27  | 10,37 | + 0,57 | 5,23 | 3,53             | 6,84              | Osann T. M. 20. 1901 |
| 10,28 | 3,24  | 10,81 | — 0,47 | 3,73 | 3,93             | 7,35              | "                    |
| 24,46 | 21,38 | 6,77  | — 2,80 | 5,15 | 3,00             | 6,57              | Osann III 1          |
| 269,2 | 21,24 | 6,48  | — 2,75 | 8,03 | 2,58             | 6,65              | Osann T. M. 20. 1901 |
| 29,72 | 19,24 | 6,38  | — 3,53 | 5,50 | 2,10             | 7,81              | "                    |
| 26,22 | 17,70 | 7,01  | — 3,29 | 8,52 | 2,83             | 7,47              | "                    |
| 32,50 | 12,30 | 6,90  | — 4,55 | 8,27 | 3,29             | 8,26              | Osann III 1          |

Feld: Q Ea und Q ab

|       |       |      |        |       |      |      |                                  |
|-------|-------|------|--------|-------|------|------|----------------------------------|
| 3,07  | 38,38 | 7,31 | 0,09   | 0,83  | 3,07 | 4,29 | Osann III 1                      |
| 3,11  | 37,69 | 7,40 | — 0,10 | 0,93  | 3,27 | 4,23 | "                                |
| 10,00 | 35,92 | 6,76 | — 1,02 | 2,25  | 3,07 | 4,71 | Johnsen B. Ak. 1912              |
| 7,73  | 35,71 | 7,07 | — 0,83 | 1,20  | 3,17 | 4,73 | Osann III 1                      |
| 3,74  | 35,50 | 7,72 | — 0,08 | 1,49  | 3,50 | 4,30 | "                                |
| 11,20 | 35,12 | 6,71 | — 0,74 | 3,38  | 3,07 | 4,38 | Johnsen B. Ak. 1912              |
| 4,19  | 34,13 | 7,71 | — 0,15 | 2,08  | 2,80 | 5,06 | S. 247                           |
| 12,85 | 33,31 | 6,73 | — 1,13 | 1,83  | 1,84 | 6,02 | Johnsen B. Ak. 1912              |
| 9,68  | 33,20 | 7,14 | — 0,94 | 2,02  | 3,16 | 4,92 | Osann T. M. 20. 1901             |
| 8,00  | 32,40 | 7,45 | — 0,54 | 2,26  | 3,43 | 4,60 | Osann III 1                      |
| 6,64  | 32,32 | 7,52 | + 0,22 | 3,32  | 3,71 | 3,81 | "                                |
| 7,15  | 31,45 | 7,60 | — 0,15 | 2,40  | 3,06 | 4,54 | "                                |
| 6,60  | 30,24 | 7,81 | + 0,17 | 3,30  | 3,05 | 4,76 | Johnsen B. Ak. 1912              |
| 8,95  | 29,93 | 7,63 | — 0,77 | 3,50  | 3,46 | 4,95 | Osann III 1                      |
| 8,93  | 28,83 | 7,78 | — 0,40 | 3,91  | 3,37 | 4,81 | "                                |
| 14,82 | 39,02 | 5,77 | — 2,04 | 2,88  | 3,61 | 4,20 | Osann III 1                      |
| 15,36 | 34,72 | 6,24 | — 2,04 | 1,56  | 3,06 | 5,22 | Johnson B. Ak. 1912.             |
| 34,78 | 32,10 | 6,21 | — 3,85 | 5,84  | 1,77 | 8,29 | Osann T. M. 26. 1901             |
| 38,82 | 30,70 | 3,81 | — 7,16 | 12,24 | 2,99 | 7,98 | "                                |
| 17,47 | 30,13 | 6,55 | — 2,53 | 1,17  | 3,22 | 5,86 | v. Wolff C. f. Min. 1904, S. 212 |
| 28,34 | 28,22 | 5,43 | — 4,67 | 11,14 | 3,06 | 7,04 | Osann III 1                      |
| 31,00 | 27,24 | 5,22 | — 4,81 | 6,56  | 2,03 | 8,00 | Osann T. M. 20. 1901             |
| 14,04 | 26,76 | 7,40 | — 1,31 | 2,64  | 4,49 | 4,22 | Rosenbusch, Elemente             |
| 20,90 | 26,30 | 6,60 | — 2,61 | 2,73  | 3,62 | 5,59 | Osann III 1                      |



## 4. Familie der Phonolithe. Feld: Ne H L.

Die eigentlichen Phonolithe sind wieder durch sehr kleine positive oder meist negative C-Werte charakterisiert.  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ .

## 6.—7. Familie der Comendittrachyte und Pantellerittrachyte. Feld: L H Ea und Feld: ab H M.

Die Gesteine besitzen positive Q-Werte, sie sind aber mit Quarz nicht abgesättigt. C ist wiederum sehr klein oder meist negativ.

Ägirin und Alkalieisenhornblenden treten in den Vordergrund.

## III. Natronkalkmagmen.

## 1. Nephelinbasalte.

L

|        |                        |                                   |       |
|--------|------------------------|-----------------------------------|-------|
| X 3    | Hornblendebasalt       | Kirschberg b. Rasdorf, Rhön       | 42,36 |
|        | Nephelinmelilithbasalt | Stetten, Hohenhöven, Hegau        | 34,4  |
| X 1    | Hornblendebasalt       | Totenköpfen, b. Gersfeld, Rhön    | 36,96 |
| 2642   | Nephelinmelilithbasalt | Kilauea, Hawaii                   | 35,64 |
| 2637   | Nephelinmelilithbasalt | Wartenberg b. Gaisingen           | 34,0  |
| V 1    | Nephelinbasalt         | Gebahöhe, Rhön                    | 48,96 |
| 347    | Nephelinbasalt         | Black Mt., Uvalde Co, Texas       | 29,76 |
| 385    | Nephelinbasalt         | Uvalde, Uvalde Co, Texas          | 34,80 |
| 348    | Nephelinbasalt         | Tom Munns Hill, Uvalde Co         | 35,20 |
| V 3    | Nephelinbasalt         | Piezelstein, Rhön                 | 48,76 |
| IV     | Nephelinmelilithbasalt | Stofflerhof, Weiterdingen, Hegau  | 49,04 |
| 342    | Nephelinbasalt         | Käsegrotte, Eifel                 | 45,36 |
| VI 6 b | Nephelinbasalt         | Kreuzberg, Rhön                   | 55,08 |
| 349    | Nephelinbasalt         | Oberleitner, Fränk. Jura          | 37,32 |
| 380    | Nephelinmelilithbasalt | Randen, Hegau                     | 43,32 |
| 384    | Nephelinmelilithbasalt | Wartenberg b. Donaueschingen      | 38,92 |
| 344    | Nephelinbasalt         | Schartenberg, Eifel               | 53,88 |
| 352    | Nephelinbasalt         | Grosswöhlen, Böhm. Mittelgebirge  | 56,76 |
| 251    | Hornblendebasalt       | S. Thiago, Capo Verde             | 63,96 |
| 343    | Nephelinbasalt         | Mosenberg, Eifel                  | 50,60 |
| V      | Nephelinmelilithbasalt | Devin b. Wartenberg, Böhmen       | 36,72 |
| 350    | Nephelinmelilithbasalt | Hohenberg, Bühne, Westfalen       | 42,32 |
| 341    | Nephelinbasalt         | Herchenberg, Laacher See          | 63,12 |
| 11     | Nephelinmelilithbasalt | Budikov, Polzengebiet             | 69,64 |
| 2593   | Nephelineudialytbasalt | Shannon Tier, Hobart, Tasmanien   | 61,88 |
| 381    | Nephelinmelilithbasalt | Neuhöwen, Hegau                   | 53,68 |
| 386    | Nephelinmelilithbasalt | Hochbohl b. Owen, schwäb. Alb     | 35,96 |
| IV     | Polzenit               | Modlibov, Polzengebiet            | 48,64 |
| II     | Polzenit               | Modlibov, Polzengebiet            | 51,80 |
|        | Polzenit               | Kleinhaida Schwojka, Polzengebiet | 43,48 |



8.—9. Familie der Comendite und Pantellerite. Feld: A E a und Q a b.

Hohe positive Q-Werte  $Q >$  als das Quarzfeldspatentektikum fordert. C wie in der vorigen Familie.

Die Comendite und Comendittrachyte unterscheiden sich von den Pantelleriten und Pantellerittrachyten durch ihren C-Wert. Bei letzteren ist  $-C > -1,5$ . Neben Ägirin erscheinen Riebeckit, Änigmatit usw. Die Gesteine sind melanokrat.

### III. Natronkalkmagmen.

Feld: Ne OM

| M      | Q       | A    | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                                 |
|--------|---------|------|------|-------|------------------|-------------------|---------------------------------|
| 79,70  | — 22,06 | 3,88 | 2,83 | 39,35 | 0,97             | 2,94              | Bücking. S. B. B. Ak. 21. 1910  |
| 88,2   | — 22,6  | 2,5  | 3,6  | 44,1  | 0,5              | 2,0               | Becker. Z. D. geol. G. 59. 1907 |
| 86,54  | — 23,50 | 3,49 | 2,26 | 43,37 | 0,77             | 2,72              | Bücking. S. B. B. Ak. 21        |
| 88,75  | — 24,39 | 3,20 | 2,51 | 45,49 | 0,43             | 2,77              | Osann III 2                     |
| 91,8   | — 25,8  | 2,4  | 3,7  | 45,9  | 0,6              | 1,8               | "                               |
| 77,69  | — 26,65 | 4,32 | 3,60 | 39,88 | 0,82             | 3,50              | Bücking. l. c.                  |
| 97,14  | — 26,90 | 2,46 | 2,52 | 48,57 | 0,64             | 1,82              | Osann T. M. 20. 1901            |
| 92,70  | — 27,50 | 2,61 | 3,48 | 46,35 | 0,45             | 2,15              | "                               |
| 92,54  | — 27,74 | 3,24 | 2,32 | 46,27 | 0,70             | 2,54              | "                               |
| 79,02  | — 27,78 | 4,57 | 3,05 | 39,51 | 1,14             | 3,43              | Bücking l. c.                   |
| 78,98  | — 28,02 | 5,12 | 2,02 | 40,83 | 1,08             | 4,04              | Zirkel Petr. III, S. 71         |
| 82,80  | — 28,16 | 4,31 | 2,72 | 41,40 | 1,06             | 3,25              | Osann T. M. 20. 1901            |
| 73,88  | — 28,46 | 4,74 | 4,29 | 40,29 | 0,52             | 4,22              | Bücking l. c.                   |
| 93,16  | — 30,48 | 3,30 | 2,73 | 46,58 | 0,95             | 2,35              | Osann T. M. 20. 1901            |
| 87,36  | — 30,68 | 4,50 | 1,83 | 43,68 | 0,99             | 3,51              | "                               |
| 92,10  | — 31,02 | 3,95 | 1,83 | 46,05 | 1,01             | 2,94              | "                               |
| 77,40  | — 31,28 | 5,17 | 3,13 | 38,70 | 2,18             | 2,99              | "                               |
| 75,63  | — 32,12 | 4,62 | 4,95 | 37,68 | 1,04             | 3,58              | "                               |
| 68,98  | — 32,94 | 6,25 | 3,49 | 34,49 | 1,01             | 5,24              | "                               |
| 82,70  | — 33,30 | 4,33 | 3,99 | 41,35 | 1,32             | 3,01              | "                               |
| 98,22  | — 34,94 | 2,69 | 3,80 | 52,03 | —                | 2,69              | Zirkel Petrog. III, S. 71       |
| 94,58  | — 36,90 | 4,88 | 3,28 | 47,29 | 1,35             | 3,53              | Osann T. M. 20. 1901            |
| 74,10  | — 37,22 | 6,23 | 3,32 | 37,05 | 2,47             | 3,76              | "                               |
| 68,46  | — 37,70 | 6,89 | 3,53 | 34,23 | 1,31             | 5,58              | Scheumann S. Ak. 1913, S. 759   |
| 75,96  | — 37,84 | 5,68 | 4,11 | 39,19 | 1,24             | 4,44              | Osann III 2                     |
| 84,58  | — 38,26 | 6,18 | 1,06 | 42,99 | 2,52             | 3,66              | Osann T. M. 20. 1901            |
| 102,60 | — 38,56 | 2,89 | 3,21 | 51,30 | —                | 2,89              | "                               |
| 90,46  | — 39,10 | 4,47 | 3,22 | 45,23 | 1,03             | 3,44              | H. Scheumann l. c.              |
| 90,62  | — 42,42 | 4,87 | 3,27 | 45,31 | 1,17             | 3,67              | "                               |
| 104,46 | — 47,94 | 4,53 | 1,81 | 52,23 | 1,38             | 3,15              | "                               |



### III. Natronkalkmagmen.

Die Natronkalkmagmen besitzen Werte  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ . Der Kaligehalt ist klein, er steigt zwar mit der Menge der Alkalien, erreicht aber nicht die Kalimenge der eutektischen Alkalifeldspate, also  $\text{K}_2\text{O} < 0,8 \text{ Na}_2\text{O}$ . Die C sind grösser als in der vorigen Gruppe,  $C > 1$ , doch herrschen die Alkalien stets vor,  $A > \frac{C}{2}$ , der mittlere Feldspat fällt in die Sextanten II und III, doch ausserhalb der Mischungslücke.

Mineralogisch sind die Magmen durch folgende Kombinationen charakterisiert:

In den basischen Gesteinen herrscht der Nephelin oder ein Glied der Sodalithfamilie. Die die Felder abgrenzenden Strahlen sind vom Nephelinpunkt aus zu ziehen. Leuzit ist nur selten in den kalireicheren Übergangstypen zu finden. Die negativen Q-Werte beeinflussen die A-, C- und F-Werte. Statt der Alkalifeldspate treten Nephelin und Sodalithe ein, statt Anorthit, Tonerdeaugit (Tschermaks Molekül) und Melilith. Statt Augit Olivin.

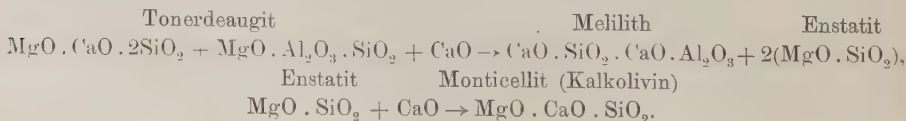
Diese Magmen pflegt man als „atlantische Magmen“ zu bezeichnen. Die intermediären und sauren Gesteine besitzen vorherrschend Plagioklase, die dem Albit näher stehen, Oligoklase und bisweilen Andesine.

#### 1. Familie der Nephelinbasalte. Feld: Ne O M.

Die Familie der Nephelinbasalte ist die feldspatfreie Kombination Nephelin, Olivin, Augit. Vielfach erscheint der Melilith als weiterer Bestandteil. Melilith dürfte wohl immer das Resultat der Kalkassimilation sein und kein primärer magmatischer Bestandteil.

Eine Kalkassimilation läuft auf eine Neutralisation des Magmas hinaus, da durch Austausch von  $\text{CO}_2$  und  $\text{SiO}_2$  Kieselsäure dem Magma entzogen wird. Da der Nephelin bereits die niedrigste Silizifizierungsstufe darstellt, vermag er keine Kieselsäure mehr abzugeben, dieselbe kann nur dem Augit und Olivin entzogen werden. Der Augit wird dabei zu Melilith, der Olivin zu Spinell und Melanit abgebaut.

Legt man dem Melilith die Bodländersche Formel zugrunde und sieht der Einfachheit halber von den übrigen CaO ersetzenden Oxyden ab, so liegt ihm im wesentlichen das Silikat  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  zugrunde. Der Tonerdeaugit ist ein Silikat:  $\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ .  $\text{SiO}_2 = \text{Diopsid} + \text{Tschermaks Molekül}$ . Der Vorgang der Kalkassimilation spielt sich nach dem Schema ab:





Als „Polzenite“ hat Scheumann<sup>1)</sup>) gangförmig Glieder der Nephelinbasaltfamilie beschrieben, die feldspat- und augitfrei sind und nur aus Magnetit, Olivin, Melilith, Phlogopit, Hauyn, Nephelin, Chromit, Perowskit bestehen. Bezeichnenderweise ist der Olivin ein monticellitartiger Olivin. Gelegentlich fallen Hornblendebasalte in dieses Feld. Die Hornblendebasalte kommen nur in Gängen und Röhren vor, kaum in Decken.

Die basaltische Hornblende ist  $R_2O_3$ -haltig und besitzt weniger Kieselsäure als die Metasilikate es fordern. Ihre Zusammensetzung ist noch zu wenig geklärt, um Formeln aufzustellen. Sie scheint den Tonerdeaugit zu vertreten.

2. Familie der Nephelinite und Nephelinbasanite. Feld: NeMD.

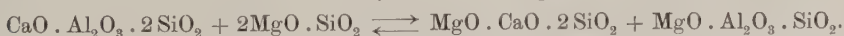
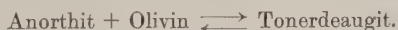
Die Nephelinbasanite unterscheiden sich von den Nepheliniten durch den Feldspat- und Olivinegehalt.

Die Nephelinite, Nephelin + Augit, besitzen die höheren negativen Q-Werte. Die Gruppe A ist zu Nephelin, die Gruppe C zu Tonerdeaugit abgebaut.

In den Basaniten ist der Abbau nicht bis zum Ende gekommen. Neben Nephelin erscheint ein basischer Plagioklas, daneben Tonerdeaugit und Olivin.

In das Basanitfeld fällt eine weitverbreitete Gruppe basaltischer Gesteine, bei denen die Nepheline zurück-, die Augite dagegen stärker in den Vordergrund treten. Oft ist der geringe Nephelinbetrag in der glasigen Grundmasse versteckt. Dann sind solche Basalte von den eigentlichen Feldspatbasalten nur schwer zu unterscheiden. Von den Feldspatbasalten unterscheidet sie das Zurücktreten des Feldspats sowie ein kleiner Ägirinegehalt. Die Kieselsäure ist wesentlich niedriger. Essexitbasalte und diese Basalte — E. Lehmann nennt sie „Atlantite“, Scheumann „Trachybasalte“ — sind aber eine andere Fazies, nämlich die trachydoleritische Fazies der Basanite.

Die Mineralzusammensetzungen werden im Prinzip durch folgendes Gleichgewicht bestimmt:



Der Schmelzpunkt des Tonerdeaugits liegt bei  $1200^\circ$ , der des Labrador bei  $1490^\circ$ , des Olivins bei  $1445^\circ$ . Die Komplexbildung des Tonerdeaugits tritt von etwa  $1200^\circ$  ab ein. Ist demnach der Temperaturabfall im Gebiet  $1400^\circ$ — $1200^\circ$  ein schneller, so dass zur Anorthit- und Olivinausscheidung die Zeit fehlt, so nehmen dieselben Magmen, die sich sonst als Nephelinbasanite entwickelt haben würden, Atlantitcharakter an. Die Atlantite sind also offenbar die heisseren Magmen gewesen.

<sup>1)</sup> K. H. Scheumann, „Petrographische Untersuchungen an Gesteinen des Polzengebietes in Nord-Böhmen“. Abh. der math.-phys. Kl. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. XXXII. 1913. No. VII.



## III. Natron-

## 2. Nephelinite und Nephelinbasanite. Feld: Ne MD.

L

|            |                   |                                       |       |
|------------|-------------------|---------------------------------------|-------|
| VII 4      | Nephelinbasanit   | Leimkopf, Linzberg, Rhön              | 48,16 |
| B. 18      | Essexitbasalt     | Patagwafl. b. Utanjilua, N.-Nyassa    | 58,40 |
| 2505       | Nephelinbasanit   | Las Planas, Olot, Catalonien          | 50,04 |
| Be 18      | Atlantit          | Alt-Utengule, Nord-Nyassa             | 54,72 |
| 306        | Nephelinbasanit   | Sebbel, Kurhessen                     | 61,28 |
| 2507       | Nephelinbasanit   | Montascopa, Olot, Catalonien          | 57,56 |
| XIV 1      | Limburgit         | Hundskopf, bei Lengsfeld, Rhön        | 44,08 |
| 302        | Nephelinbasanit   | Hundskopf, bei Salzungen, Rhön        | 50,82 |
| 2504       | Nephelinbasanit   | La Garrinada, Olot, Catalonien        | 56,24 |
| XIII 1     | Hornblendeasalt   | Platzer Kuppe, Südseite, Rhön         | 37,08 |
| 2488       | Nephelinbasalt    | Jesserken, Böhm. Mittelgeb.           | 61,92 |
| 2506       | Nephelinbasanit   | Cruzcat, S. Olot, Catalonien          | 57,56 |
| XIII 5     | Basaltit          | Ulmenstein, Linzberg, Rhön            | 51,28 |
| 248        | Hornblendeasalt   | Pinto Mts, Texas                      | 45,16 |
| 2485       | Nephelintephrit   | Elkhead Mts, Colorado                 | 60,32 |
| 241        | Hornblendeasalt   | Stempel bei Marburg, Hessen           | 47,28 |
| Marianen 3 | Nephelinbasalt    | Insel Ponape, Südsee                  | 50,40 |
| B 22       | Atlantit          | Station Rungwe, Nord-Nyassa           | 58,24 |
| B 23       | Nephelinbasanit   | Kiejo Ost, Nord-Nyassa                | 58,40 |
| S 66       | Atlantit          | NW. Pambaku, Nord-Nyassa              | 59,52 |
| VII 3      | Nephelinbasanit   | Leimkopf, Linzberg, Rhön              | 68,16 |
| XIV 2      | Limburgit         | Dornberg-Suchenberg, Rhön             | 51,28 |
| B 6        | Atlantit          | Missionsstat. Rutenganio, Nord-Nyassa | 65,04 |
| 2305       | Nephelinbasanit   | Rimberg bei Gorzheim, Kurhessen       | 65,08 |
| 2371       | Augitit           | Hutberg, Tetschen, Böhmen             | 46,52 |
| 2503       | Nephelinbasanit   | St. Media Kapelle, Llorca, Catalonien | 54,84 |
| V 2 b      | Nephelinbasalt    | Beyer bei Dernburg, Rhön              | 42,60 |
| VII 1      | Nephelinbasanit   | Kreuzberg, SW. Kloster, Rhön          | 62,80 |
| V 4        | Nephelinbasalt    | Schaftruhe, Kellersbrunnen, Rhön      | 42,84 |
| 242        | Hornblendeasalt   | Steinwand, Tetschen, Böhmen           | 51,44 |
| 238        | Hornblendeasalt   | San Leonardo, Mt. Ferru, Sardinien    | 68,96 |
| X 2        | Hornblendeasalt   | Sparbrod bei Gersfeld, Rhön           | 45,92 |
| 2586       | Nephelinbasalt    | Lobosch, Böhm. Mittelgebirge          | 53,00 |
| 395        | Limburgit         | Reichenweier, Oberelsass              | 44,80 |
| 393        | Limburgit         | Heldburg bei Koburg                   | 63,64 |
| V 5        | Nephelinbasalt    | Sumpfkuppe bei Roth, Rhön             | 58,56 |
| 304        | Nephelinbasanit   | Stellerskuppe, Hessen                 | 54,44 |
| I          | Biotithauynbasalt | Wesseln, Polzengebiet                 | 65,24 |
| 396        | Limburgit         | Steinberg, Lausitz                    | 52,28 |
|            | Sodalithbasalt    | Kleine Kuppe bei Eschwege             | 57,32 |
| III        | Biotithauynbasalt | Wesseln, Polzengebiet                 | 64,04 |



## kalkmagmen.

| M     | Q       | A                                  | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |  |
|-------|---------|------------------------------------|------|-------|------------------|-------------------|--|
| 63,71 | — 11,87 | 3,85                               | 4,34 | 32,96 | 0,86             | 2,99              | Bücking S.B.B.Ak.24.1910                   |
| 55,17 | — 13,57 | 3,76                               | 7,08 | 26,72 | 0,85             | 2,91              | E. Lehmann                                 |
| 63,89 | — 13,93 | 4,59                               | 3,33 | 32,67 | 1,24             | 3,35              | Osann III 2                                |
| 60,14 | — 14,86 | 3,71                               | 6,23 | 29,02 | 0,85             | 2,86              | E. Lehmann                                 |
| 54,02 | — 15,30 | 4,99                               | 5,34 | 27,10 | 1,61             | 3,38              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 57,99 | — 15,55 | 5,45                               | 3,49 | 29,92 | 1,59             | 3,86              | Osann III 2                                |
| 71,65 | — 15,73 | 2,47                               | 6,08 | 37,06 | 0,23             | 2,24              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 64,98 | — 15,90 | 4,52                               | 3,69 | 32,49 | 1,00             | 3,52              | "  |
| 60,08 | — 16,32 | 5,63                               | 2,80 | 31,35 | 1,52             | 4,11              | Osann III 2                                |
| 79,40 | — 16,48 | 2,38                               | 4,51 | 40,65 | 0,63             | 1,75              | Bücking l. c.                              |
| 54,69 | — 16,61 | 5,98                               | 3,52 | 26,00 | 1,87             | 4,11              | Osann III 2                                |
| 59,74 | — 17,30 | 5,47                               | 3,45 | 29,22 | 1,63             | 3,84              | "  |
| 66,02 | — 17,30 | 4,12                               | 4,58 | 34,02 | 0,96             | 3,16              | Bücking l. c.                              |
| 72,38 | — 17,54 | 3,72                               | 3,85 | 36,19 | 0,67             | 3,05              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 57,63 | — 17,95 | 5,06                               | 4,96 | 28,17 | 1,74             | 3,32              | Osann III 2                                |
| 70,68 | — 17,96 | 3,91                               | 4,00 | 35,34 | 1,32             | 2,59              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 67,72 | — 18,12 | 5,39 <sup>e=</sup> <sub>0,60</sub> | 3,04 | 28,44 | 1,12             | 4,27              | S. 162                                     |
| 59,93 | — 18,17 | 4,89                               | 4,78 | 28,68 | 1,00             | 3,85              | E. Lehmann                                 |
| 59,94 | — 18,34 | 4,86 <sup>e=</sup> <sub>0,75</sub> | 4,88 | 26,73 | 1,43             | 4,18              | "  |
| 59,13 | — 18,65 | 4,48                               | 5,92 | 28,57 | 0,97             | 3,51              | "  |
| 50,51 | — 18,67 | 6,69                               | 3,66 | 27,00 | 1,06             | 5,63              | Bücking l. c.                              |
| 67,45 | — 18,73 | 3,61                               | 5,60 | 32,67 | 0,56             | 3,05              | "  |
| 54,06 | — 19,10 | 5,43                               | 5,40 | 26,15 | 1,45             | 3,98              | E. Lehmann                                 |
| 54,04 | — 19,12 | 4,48                               | 7,31 | 27,02 | 1,26             | 3,22              | Osann III 2                                |
| 73,36 | — 19,88 | 4,68                               | 2,52 | 36,68 | 0,67             | 4,01              | "  |
| 65,28 | — 20,12 | 5,90                               | 1,91 | 32,08 | 1,74             | 4,16              | "  |
| 77,53 | — 20,13 | 3,65                               | 3,35 | 41,47 | 0,81             | 2,84              | Bücking l. c.                              |
| 57,36 | — 20,16 | 4,03                               | 7,64 | 30,71 | 0,66             | 3,37              | "  |
| 77,65 | — 20,49 | 3,30                               | 4,11 | 40,31 | 0,87             | 2,43              | "  |
| 69,86 | — 21,30 | 3,94                               | 4,98 | 34,93 | 0,99             | 2,95              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 52,74 | — 21,70 | 7,03                               | 3,45 | 28,38 | 0,62             | 4,92              | "  |
| 75,86 | — 21,78 | 3,84                               | 3,80 | 37,93 | 1,04             | 2,80              | Bücking l. c.                              |
| 68,86 | — 21,88 | 3,90                               | 5,45 | 33,59 | 1,03             | 2,87              | Osann III 2                                |
| 77,12 | — 21,92 | 3,32                               | 4,56 | 38,56 | 0,63             | 2,69              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 58,56 | — 22,20 | 6,18                               | 3,55 | 29,28 | 1,75             | 4,43              | "  |
| 64,20 | — 22,76 | 5,46                               | 3,72 | 33,84 | 1,16             | 4,30              | Bücking l. c.                              |
| 68,38 | — 22,82 | 4,19                               | 5,23 | 34,19 | 1,13             | 3,06              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 57,04 | — 22,28 | 5,76                               | 4,79 | 28,52 | 1,92             | 3,84              | Scheumann S.A.K.32.1913                    |
| 72,00 | — 24,28 | 3,68                               | 5,71 | 36,00 | 0,80             | 2,88              | Osann T.M. 20. 1901                        |
| 67,36 | — 24,68 | 6,84                               | 0,65 | 32,40 | 0,88             | 5,96              | P. Ramdohr J. geol. L.<br>1919, 40, S. 293 |
| 61,00 | — 25,20 | 5,94                               | 4,13 | 30,50 | 1,87             | 4,07              | Scheumann S.A.K.32.1913                    |



## III. Natron-

## 2. Nephelinite und Nephelinbasanite. Feld: NeMD

L

|       |                    |                                    |       |
|-------|--------------------|------------------------------------|-------|
| 351   | Nephelinbasalt     | Rosberg bei Darmstadt              | 55,00 |
| 340   | Nephelinit         | Loebau, Sachsen                    | 61,24 |
| 240   | Hornblendebasalt   | Scharfenstein Tunnel, Böhmen       | 68,49 |
| 2491  | Nephelinbasanit    | Schlackenau, Böhmen                | 58,12 |
| 334   | Hauynophyr         | Etinde, Kamerun                    | 68,36 |
| 253   | Hornblendebasalt   | Güntersdorf, Tetschen, Böhmen      | 68,64 |
| 337   | Nephelinit         | Hochstraden, Steiermark            | 77,20 |
| 331   | Leuzitnephelinit   | Etinde, Kamerun                    | 71,56 |
| 338   | Hauynophyr         | Etinde, Kamerun                    | 77,92 |
| 339   | Leuzitnephelinit   | Etinde, Kamerun                    | 81,56 |
| VI 6c | Nephelinbasalt     | Johannisfeuer, Kreuzberg, Rhön     | 85,72 |
| 397   | Limburgit          | Orgaotal, Capo Verde               | 69,36 |
| 384   | Augitit            | S. Antão, Capo Verde               | 74,92 |
| 394   | Augitit            | Picostal, St. Thiago               | 74,64 |
| 336   | Nephelinit         | Salzburg, Böhmen                   | 86,24 |
|       | Hauyntrachydolerit | Schauhübel, Polzen                 | 84,88 |
| 403   | Augitit            | Madeiral, St. Vincente, Capo Verde | 94,72 |
| 335   | Basaltit           | Volkersberg bei Brückenau, Rhön    | 88,04 |
| 328   | Hauynophyr         | Melfi, Italien                     | 93,60 |

## 3. Trachydolerite und Tephrite. Feld: NeDH

L

|               |                         |  |       |
|---------------|-------------------------|--|-------|
| IX 8          | Phonol. Nephelintephrit | Kirschberg bei Rasdorf, Rhön             | 82,84 |
| VII 5         | Nephelintephrit         | Bildstein bei Poppenhausen, Rhön         | 74,96 |
|               | Latitphonolith          | Cripple Creek, Colorado                  | 81,44 |
| VIII 3        | Nephelintephrit         | Hoherod bei Farrod, Hofbieber, Rhön      | 68,92 |
| IX 9          | Tephritoid              | Dedgesstein, Blatt Spahl, Rhön           | 81,60 |
| 2456          | Orthoklasbasalt         | Milton, N.S.-Wales                       | 77,72 |
| III           | Sodalithtrachydolerit   | Pihlberg, Polzengebiet                   | 80,00 |
| D 6           | Trachyandesit           | Vifunga, Nord-Nyassa                     | 86,56 |
|               | Hauynandesit            | Circus, Tenerife                         | 77,96 |
| 88            | Noseantephrit           | Dobrankatal, Böhm. Mittelgeb.            | 89,44 |
|               | Trachydolerit           | Porto Skauri, Azoren                     | 87,30 |
| 269           | Sodalithtephrit         | Kolmerscheibe, Böhmen                    | 79,44 |
| 60            | Trachyt                 | Bruderkunzberg, Siebengebirge            | 77,64 |
| VIII 4        | Nephelintephrit         | Suchenberggipfel, Spahl, Rhön            | 71,20 |
| Sumatra III 8 | Basalt?                 | Vulkan Merapi, Sumatra                   | 81,04 |
| III 9         | Basalt?                 | Vulkan Merapi, Sumatra                   | 78,92 |
| B 10          | Atlantit                | N.W. Pambaku, Nord-Nyassa                | 52,24 |
| 309           | Nephelinleuzittephrit   | Plateau des Eichberges, Böhmen           | 65,84 |
| 2472          | Banakit?                | Northern Foothills, R.S., Range, Antarkt | 86,20 |
|               | Dolerit mit Bio, Ho.    | Blaue Kuppe, bei Eschwege                | 68,1  |
| 2508          | Nephelinbasanit         | Otago, Dunedin, Neuseeland               | 68,06 |
| IX 66         | Nephelintephrit         | Käuling, Kreuzberg, Rhön                 | 77,16 |



## kalkmagmen.

| M     | Q       | A     | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                            |
|-------|---------|-------|------|-------|------------------|-------------------|----------------------------|
| 71,12 | — 26,12 | 4,33  | 5,09 | 35,96 | 1,34             | 2,99              | Osann T.M. 20. 1909        |
| 66,68 | — 27,92 | 5,95  | 3,41 | 33,34 | 1,54             | 4,41              | "                          |
| 59,96 | — 28,44 | 6,13  | 4,86 | 29,98 | 1,72             | 4,41              | "                          |
| 71,09 | — 29,13 | 5,47  | 3,59 | 34,41 | 0,67             | 4,80              | Osann III 2                |
| 62,70 | — 31,06 | 7,65  | 1,79 | 31,35 | 1,08             | 6,57              | Osann T.M. 20. 1909        |
| 63,60 | — 32,24 | 5,84  | 5,48 | 31,80 | 1,41             | 4,43              | "                          |
| 55,20 | — 32,40 | 8,26  | 2,78 | 27,60 | 1,71             | 6,55              | "                          |
| 60,94 | — 32,50 | 7,68  | 2,53 | 30,47 | 2,42             | 5,26              | "                          |
| 54,72 | — 32,64 | 7,98  | 3,52 | 27,36 | 1,08             | 6,57              | "                          |
| 52,10 | — 33,66 | 8,48  | 3,43 | 26,05 | 2,66             | 5,82              | Osann T.M. 20. 1907        |
| 48,00 | — 33,72 | 6,89  | 7,65 | 25,93 | 1,28             | 7,50              | Bücking S.B.B.Ak. 24. 1910 |
| 65,06 | — 34,42 | 5,64  | 6,06 | 32,53 | 1,00             | 4,64              | Osann T.M. 20. 1907        |
| 60,14 | — 35,06 | 6,72  | 5,29 | 30,07 | 1,73             | 4,99              | "                          |
| 61,04 | — 35,68 | 8,40  | 1,80 | 30,52 | 1,98             | 6,42              | "                          |
| 50,36 | — 36,60 | 8,16  | 5,24 | 25,18 | 0,47             | 7,69              | "                          |
| 42,74 | — 37,62 | 8,74  | 3,74 | 21,37 | 2,36             | 6,38              | Scheumann l. c.            |
| 43,06 | — 38,46 | 11,31 | 3,14 | 17,71 | 1,48             | 9,83              | Osann T.M. 20. 1901        |
| 50,72 | — 38,80 | 8,34  | 5,34 | 26,27 | 0,43             | 7,91              | Bücking l. c.              |
| 48,62 | — 42,22 | 11,10 | 1,20 | 26,11 | 3,31             | 7,79              | Osann T.M. 20. 1901        |

| M     | Q       | A    | C    | F                                   | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |  |
|-------|---------|------|------|-------------------------------------|------------------|-------------------|--|
| 20,14 | — 2,98  | 6,76 | 7,19 | 8,29                                | 1,27             | 4,49              | { Bücking Sitzb. Berl. Ak.<br>24. 1910       |
| 29,72 | — 4,68  | 5,66 | 7,42 | 16,21                               | 1,12             | 4,54              | "  |
| 23,38 | — 4,82  | 8,43 | 3,50 | 11,69                               | 3,03             | 5,40              | Osann F. M. 20. 1901                         |
| 35,91 | — 4,83  | 4,97 | 7,29 | 19,67                               | 1,70             | 3,27              | Bücking l. c.                                |
| 23,30 | — 4,90  | 5,48 | 9,44 | 11,65                               | 1,24             | 4,24              | "  |
| 27,96 | — 5,68  | 6,58 | 6,27 | 13,13                               | 2,10             | 4,48              | Osann III 2                                  |
| 25,94 | — 5,94  | 6,05 | 7,90 | 12,97                               | 1,91             | 4,16              | Scheumann S. Ak. 32. 1913                    |
| 19,42 | — 5,98  | 8,92 | 3,80 | 14,29 <sup>e=</sup> <sub>0,74</sub> | 2,96             | 6,70              | E. Lehmann                                   |
| 28,58 | — 6,54  | 8,20 | 3,09 | 14,29                               | 1,02             | 7,22              |  |
| 17,53 | — 6,97  | 8,52 | 5,32 | 7,31                                | 2,06             | 6,46              | Osann T.M. 20. 1901                          |
| 19,70 | — 7,00  | 7,58 | 6,69 | 9,85                                | 1,44             | 6,14              | "  |
| 27,60 | — 7,04  | 7,86 | 4,16 | 13,80                               | 2,90             | 4,96              | "  |
| 29,90 | — 7,54  | 8,62 | 2,17 | 14,98                               | 2,89             | 5,73              | "  |
| 36,56 | — 7,76  | 5,48 | 6,84 | 20,30                               | 1,07             | 4,41              | Bücking l. c.                                |
| 26,80 | — 7,84  | 7,71 | 4,84 | 11,67                               | 1,76             | 5,95              | S. 210, 210                                  |
| 28,92 | — 7,84  | 7,23 | 5,27 | 12,80                               | 1,34             | 5,89              | S. 210, 211                                  |
| 57,30 | — 9,54  | 3,40 | 6,26 | 25,90 <sup>e=</sup> <sub>0,53</sub> | 0,91             | 3,02              | E. Lehmann                                   |
| 44,04 | — 9,88  | 5,48 | 5,50 | 22,02                               | 1,85?            | 5,20              | Osann T.M. 20. 1901                          |
| 24,13 | — 10,33 | 8,44 | 4,67 | 13,26                               | 2,67             | 5,77              | Osann III 2                                  |
| 44,7  | — 12,8  | 5,27 | 6,39 | 20,77                               | 1,33             | 3,94              | { P. Ramdohr J. geol. L.<br>40, S. 288, 1919 |
| 44,14 | — 12,22 | 7,05 | 2,92 | 20,50                               | 1,85             | 5,20              | "  |
| 35,92 | — 13,08 | 8,31 | 2,67 | 17,96                               | 2,54             | 5,77              | Bücking l. c.                                |



## III. Natron-

## 3. Trachydolerite und Tephrite. Feld: Ne D H

L

|        |                       |                                     |        |
|--------|-----------------------|-------------------------------------|--------|
| 2502   | Nephelinbasanit       | St. Sandoux, Auvergne               | 59,68  |
|        | Trachydolerite        | W. Kibo, Kilimandscharo             | 89,48  |
| II     | Sodalithtrachydolerit | Pihlberg, Polzengebiet              | 85,32  |
| 98     | Leuzitophyr           | Steinrieserweg, Kaiserstuhl         | 88,76  |
| 299    | Nephelintephrit       | Dobbrankatal, Böhmen                | 70,76  |
|        | Trachydolerit         | Cripple Creek, Colorado             | 94,76  |
| 2296   | Nephelintephrit       | Franklin Island, Antarktikum        | 73,12  |
| 2468   | Phonol. Trachyt       | Scotts Island, Antarktikum          | 97,40  |
|        | Trachyandesit         | Löwenburg, Siebengebirge            | 96,72  |
| IX. 6a | Nephelintephrit       | Käuling, Kreuzberg, Rhön            | 98,68  |
| 263    | Hauynteophrit         | Espigon, Tenerifa                   | 99,60  |
| VII 3  | Nephelinbasanit       | Leimkopf, Linzberg, Rhön            | 68,16  |
| 243    | Trachyttephrit        | Cuesta de la Camera, Argentinien    | 99,88  |
| 267    | Tephritischer Trachyt | Bauza, Columbretes                  | 97,08  |
| 308    | Nephelintephrit       | Falkenberg bei Tetschen             | 70,76  |
| 296    | Nephelintephrit       | Schichenberg, Böhmen                | 71,84  |
| B. 24  | Nephelintephrit       | Kiejo West, Nord-Nyassa             | 79,00  |
| B. 16  | Nephelintephrit       | Muakaleli, Nord-Nyassa              | 79,00  |
| 1706   | Noseanphonolith       | Anagagebirge, Tenerifa              | 107,04 |
|        | Trachydolerit         | Fluss Natumore, Südfuss Meru 1300 m | 96,08  |
|        | Trachydolerit         | Mt. Terror, Antarktikum             | 87,24  |
| 316    | Kulait                | Kula, Kleinasien                    | 85,80  |
|        | Kenyit                | Salpeterhöhe, NO.-Kibo 3500 m       | 111,72 |
| 403    | Augitit               | Mt. Peñoso, Mayo, Capo Verde        | 92,96  |
| 2501   | Nephelinbasanit       | Tatika, S. Bakony, Ungarn           | 84,20  |

## 4. Trachyphonolithe. Feld: Ne HL

L

|         |                    |                                      |        |
|---------|--------------------|--------------------------------------|--------|
|         | Trachyandesit      | Wölferlingen, Westerwald             | 99,04  |
| IX. 10a | Tephritoid         | Steinhauk bei Obernüst, Rhön         | 89,84  |
| 54      | Trachyt            | Mte. dell' Imperatore, Ischia        | 89,08  |
| XI 2    | Phonolith          | Pferdskopf, Rhön                     | 90,32  |
| XVI 6   | Phonolith          | Kalvarienberg b. Poppenhausen, Rhön  | 98,24  |
| 88      | Noseantephrit      | Dobbrankatal, Böhm. Mittelgebirge    | 89,44  |
| XVI 11  | Phonolith          | Linzberg, Hofaschenbach, Rhön        | 101,60 |
| I       | Trachyt. Phonolith | Münzberg, Polzengebiet               | 106,54 |
| II      | Trachyt. Phonolith | Münzberg, Polzengebiet               | 106,20 |
| 2467    | Kenyit             | Cap Royds, Antarktikum               | 98,88  |
| 90      | Phonolith          | Ziegenberg, Böhm. Mittelgebirge      | 98,00  |
| 148     | Phonolith          | Spitzberg, bei Brüx, Böhmen          | 108,20 |
| S. 62   | Kenyit             | Eltonplateau zw. Magoye u. Muakaleli | 104,26 |
| 263     | Hauynteophrit      | Campanario, Palma                    | 103,40 |
| 93      | Trachyt. Phonolith | Forodada, Columbretes                | 111,24 |
|         | Rhombenporphyr     | Varvick, Norwegen                    | 108,64 |
| 83      | Phonolith          | Hohentwiel, Hegau                    | 114,36 |



## kalkmagmen.

| M     | Q       | A     | C    | F                         | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                           |
|-------|---------|-------|------|---------------------------|------------------|-------------------|---------------------------|
| 53,84 | — 13,52 | 3,67  | 7,58 | 20,41 <sup>e = 1,43</sup> | 0,72             | 4,38              | Osann III 2               |
| 24,68 | — 14,16 | 9,24  | 3,89 | 12,34                     | 2,96             | 6,28              | Finkh, Rosenbuschfestsch. |
| 29,70 | — 15,02 | 8,15  | 5,03 | 14,85                     | 2,14             | 6,01              | Scheumann l. c.           |
| 26,58 | — 15,34 | 8,20  | 5,79 | 13,29                     | 2,70             | 5,50              | Osann T.M. 20. 1901       |
| 44,78 | — 15,54 | 5,57  | 6,55 | 22,33                     | 2,05             | 3,52              | "                         |
| 20,90 | — 15,64 | 11,07 | 1,53 | 10,45                     | 3,65             | 7,42              | Rosenbusch, Elemente      |
| 43,06 | — 16,18 | 7,60  | 3,08 | 20,19                     | 1,97             | 5,63              | Osann II                  |
| 19,45 | — 16,85 | 11,21 | 1,93 | 9,35                      | 2,67             | 8,54              | Osann III 2               |
| 20,74 | — 17,46 | 11,06 | 2,06 | 10,37                     | 3,43             | 7,63              | Rosenbusch, Elemente      |
| 18,42 | — 17,90 | 11,20 | 2,27 | 10,60                     | 2,48             | 8,72              | Bücking l. c.             |
| 18,80 | — 18,40 | 11,05 | 2,80 | 9,40                      | 1,91             | 9,14              | Osann T.M. 20. 1901       |
| 50,51 | — 18,67 | 6,69  | 3,66 | 27,00                     | 1,06             | 5,63              | Bücking l. c.             |
| 19,12 | — 19,00 | 11,64 | 1,69 | 10,01                     | 3,59             | 8,05              | Osann T.M. 20. 1901       |
| 21,98 | — 19,06 | 10,47 | 3,37 | 10,99                     | 3,57             | 6,88              | "                         |
| 50,70 | — 21,46 | 7,46  | 2,77 | 25,35                     | 2,80             | 4,60              | "                         |
| 50,56 | — 22,40 | 8,09  | 1,78 | 25,28                     | 1,82             | 6,27              | "                         |
| 44,46 | — 22,42 | 7,40  | 4,44 | 17,44 <sup>e = 1,39</sup> | 2,24             | 6,55              | E. Lehmann                |
| 44,46 | — 23,26 | 7,83  | 4,09 | 18,76 <sup>e = 0,92</sup> | 2,42             | 6,33              | "                         |
| 16,86 | — 23,90 | 12,52 | 1,72 | 6,03 <sup>e = 0,79</sup>  | 2,85             | 10,38             | Osann T.M. 20. 1901       |
| 28,40 | — 24,48 | 11,40 | 1,22 | 14,20                     | 2,75             | 8,64              | Mauritz T.M. 27. 1908     |
| 37,30 | — 24,54 | 8,33  | 5,15 | 18,65                     | 2,00             | 6,33              | Rosenbusch, Elemente      |
| 39,42 | — 25,22 | 8,59  | 4,27 | 19,71                     | 2,71?            | 5,88              | Osann T.M. 20. 1901       |
| 15,04 | — 26,76 | 13,05 | 1,83 | 7,52                      | 3,82             | 9,23              | Finkh, Rosenbuschfestsch. |
| 34,08 | — 27,04 | 7,58  | 8,03 | 17,04                     | 1,55             | 6,03              | Osann T.M. 20. 1901       |
| 43,30 | — 27,50 | 8,79  | 3,47 | 21,05                     | 2,27             | 6,52              | Osann III 2               |

| M     | Q       | A     | C    | F                        | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                                      |
|-------|---------|-------|------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 2,22  | — 1,26  | 9,61  | 5,54 | 1,11                     | 3,27             | 6,34              | Rosenbusch, Elemente                 |
| 12,19 | — 2,03  | 7,06  | 8,34 | 5,09                     | 2,11             | 4,95              | Bücking Sitzgsb. Berl. Ak. 24. 1910. |
| 15,18 | — 4,26  | 10,20 | 1,87 | 7,59                     | 3,77             | 6,43              | Osann T.M. 20. 1901.                 |
| 14,01 | — 4,33  | 10,19 | 2,20 | 5,98                     | 3,82             | 6,37              | Bücking l. c.                        |
| 8,49  | — 6,73  | 10,39 | 3,78 | 3,24                     | 3,11             | 7,28              | "                                    |
| 17,53 | — 6,97  | 8,52  | 5,32 | 7,31                     | 2,06             | 6,46              | Osann T.M. 20. 1901                  |
| 9,97  | — 11,45 | 11,71 | 1,98 | 5,48                     | 3,44             | 8,27              | Bücking l. c.                        |
| 5,22  | — 11,76 | 12,42 | 2,20 | 2,61                     | 4,37             | 8,05              | Scheumann S. Ak. 33. 1912            |
| 7,16  | — 13,36 | 12,45 | 2,05 | 3,58                     | 4,43             | 7,82              | "                                    |
| 14,87 | — 13,75 | 10,84 | 3,04 | 6,61                     | 2,82             | 8,02              | Osann III 2                          |
| 16,96 | — 14,96 | 11,75 | 1,00 | 8,48                     | 3,82             | 7,93              | Osann T.M. 20. 1901                  |
| 8,18  | — 16,38 | 12,30 | 3,33 | 3,42                     | 2,63             | 9,67              | Trenkler T.M. 20. 1901               |
| 12,66 | — 16,90 | 11,81 | 2,44 | 3,58 <sup>e = 0,73</sup> | 4,51             | 8,03              | E. Lehmann                           |
| 15,46 | — 18,96 | 11,69 | 2,47 | 7,78                     | 3,23             | 8,46              | Osann T.M. 20. 1901                  |
| 11,96 | — 23,20 | 13,09 | 1,63 | 5,89                     | 4,39             | 8,70              | "                                    |
| 14,64 | — 23,28 | 12,83 | 1,50 | 7,32                     | 3,64             | 9,19              | "                                    |
| 11,48 | — 25,84 | 13,69 | 1,21 | 5,74                     | 2,64             | 11,05             | Osann T.M. 20. 1911                  |



## III. Natron-

## 6. Trachyt. Feld: L H Ea

L

|               |                       |                                      |       |
|---------------|-----------------------|--------------------------------------|-------|
| 32            | Trachyt               | Upper Geysir Bassin, Yellowstone     | 64,36 |
| Sumatra III 1 | Pechstein             | Rivier Sello, Tandjoung, Sumatra     | 63,36 |
| 109           | Postglazialer Liparit | Hrafninnuhraun, Island               | 71,11 |
| 106           | Trachyt               | Mte Alto, Euganeen                   | 65,20 |
| 102           | Postglazialer Liparit | Laugahraun, Island                   | 74,92 |
| 108           | Liparit               | Hvítuskridur, Island                 | 81,40 |
| XVII 12       | Phonolith             | Dachberg, Rasdorf, Rhön              | 85,08 |
| 137           | Trachyt               | San Mateo Mts., Neu-Mexiko           | 80,44 |
| 64            | Trachyt               | Ravin des Egravats, Mt. Dore         | 78,40 |
| Celebes I 1   | Glimmertrachyt        | Vulkan Una-Una, Tomini, Celebes      | 74,76 |
| Oki 14        | Trachyt               | Matsushima, Kyûshû, Iki, Japan       | 83,92 |
|               | Trachyt               | Cerro de Solostra, San Luis, Argent. | 77,00 |
|               | Trachyt               | Cerro de Solostra, San Luis, Argent. | 81,64 |
| 136           | Glimmerandesit        | Pringle Hills, Rosita Mts, Col.      | 86,57 |
| 133           | Trachyt               | San Mateo Mts, Neu-Mexiko            | 85,27 |
| 5             | Drachenfelstrachyt    | Kellberg, Eifel                      | 90,04 |
| Fuji II 11    | Trachyt               | Sulphur Island, Japan                | 83,80 |
| Fuji II 9     | Trachyt               | Sulphur Island, Japan                | 81,20 |

## 8. Liparite. Feld: Q Ea

L

|               |              |                                    |       |
|---------------|--------------|------------------------------------|-------|
| 1486          | Tordrillit   | Hot Creek Range, Nevada            | 46,79 |
| Kamtschatka 5 | Liparit      | Paratunkatal, Wiluitschik          | 56,36 |
| Fuji I 9      | Liparit      | Shimoda, Izu, Japan                | 57,79 |
| 21            | Liparit      | Struturhals, Island                | 58,04 |
| 6             | Liparit      | Mopung Hill, W. Humboldt R. Nevada | 59,16 |
| 39            | Liparit      | Hlidarfjalls, Island               | 57,12 |
| 23            | Liparit      | Kastel Krym                        | 59,36 |
| 1             | Liparit      | Round Mt. Silver Cliff, Col.       | 65,38 |
| 22            | Liparit      | Berufjord, Island                  | 63,64 |
| 15            | Liparit      | Berkeley, Californien              | 67,32 |
| 111           | Dazitliparit | Bunsen Peak, Yellowstone-Park      | 65,54 |
| 12            | Liparit      | Mt. Venda, Euganeen                | 65,36 |
| Nordjap. 2    | Dazitliparit | Utanobori, Kitakami, Hokkaido      | 64,81 |

Die Hornblendebasalte (Basaltite Bückings) dieser Familie sind wiederum auf Schlotvorkommen beschränkt und stellen Mineralgleichgewichte unter diesen besonderen Umständen dar, die noch näher zu untersuchen wären.

Diese Beispiele lehren, wie der Zeitpunkt, in welchem die Eruption in der Entwicklungsgeschichte des Herdes eintritt, von entscheidendem Einfluss auf die Mineralkombinationen der ausgestossenen Laven sein kann.



## kalkmagmen.

| M     | Q     | A     | C    | F    | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                                   |
|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 9,38  | 26,26 | 7,53  | 1,03 | 4,69 | 2,98             | 4,55              | Osann T.M. 20. 1901               |
| 14,09 | 22,03 | 6,81  | 2,35 | 5,89 | 1,88             | 4,93              | S. 210, 211                       |
| 6,90  | 21,99 | 8,24  | 1,27 | 3,45 | 3,14             | 5,10              | Osann T.M. 20. 1901               |
| 16,26 | 18,54 | 7,54  | 1,22 | 8,13 | 1,20             | 6,34              | "                                 |
| 10,18 | 14,90 | 8,90  | 0,93 | 5,09 | 3,18             | 5,72              | "                                 |
| 5,16  | 13,44 | 9,49  | 1,37 | 2,58 | 3,58             | 5,91              | "                                 |
| 3,28  | 11,64 | 10,08 | 1,11 | 1,23 | 2,95             | 7,13              | Bücking Sitzb. Berl. Ak. 24. 1910 |
| 8,74  | 10,82 | 8,92  | 2,27 | 4,37 | 3,29             | 5,63              | Osann T.M. 20. 1901               |
| 11,78 | 9,82  | 8,42  | 2,76 | 5,89 | 3,22             | 5,20              | S. 186, 187                       |
| 16,55 | 8,69  | 8,15  | 2,39 | 9,22 | 1,97             | 6,18              | S. 113                            |
| 9,98  | 6,10  | 9,09  | 2,80 | 4,00 | 2,99             | 6,10              | Osann T.M. 20. 1901               |
| 17,30 | 5,70  | 8,11  | 3,03 | 8,65 | 2,43             | 5,68              | "                                 |
| 13,20 | 5,16  | 9,15  | 2,11 | 6,60 | 3,11             | 6,04              | "                                 |
| 8,90  | 4,53  | 9,49  | 2,66 | 4,45 | 3,30             | 6,19              | "                                 |
| 10,46 | 4,27  | 10,37 | 0,57 | 5,23 | 3,53             | 6,84              | "                                 |
| 6,12  | 3,84  | 10,47 | 1,57 | 3,06 | 3,11             | 7,36              | "                                 |
| 13,50 | 2,70  | 8,78  | 2,63 | 6,75 | 2,17             | 6,99              | S. 141                            |
| 18,68 | 0,12  | 9,27  | 1,76 | 8,63 | 3,18             | 6,09              | S. 141                            |

| M    | Q     | A    | C    | F    | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                     |
|------|-------|------|------|------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1,23 | 51,98 | 5,39 | 0,23 | 0,73 | 1,10             | 4,29              | Osann III 1         |
| 5,84 | 38,80 | 5,95 | 2,19 | 1,06 | 1,83             | 4,12              | vgl. S. 94, 95      |
| 3,46 | 38,75 | 6,52 | 1,01 | 1,46 | 2,42             | 4,10              | S. 139              |
| 3,36 | 38,60 | 6,97 | 0,57 | 1,68 | 2,23             | 4,74              | Osann T.M. 20. 1901 |
| 2,72 | 38,12 | 7,33 | 0,13 | 1,36 | 2,67             | 4,66              | "                   |
| 7,64 | 35,24 | 6,07 | 2,14 | 3,82 | 2,06             | 4,01              | "                   |
| 5,78 | 34,86 | 6,81 | 1,22 | 2,89 | 1,57             | 5,24              | "                   |
| 1,54 | 33,08 | 8,00 | 0,34 | 0,77 | 2,14             | 5,86              | "                   |
| 4,10 | 32,26 | 7,43 | 1,05 | 2,05 | 1,29             | 6,14              | "                   |
| 2,44 | 30,24 | 8,09 | 0,65 | 1,22 | 1,36             | 6,73              | "                   |
| 4,68 | 29,78 | 6,59 | 3,05 | 2,34 | 2,41             | 4,18              | "                   |
| 5,38 | 29,26 | 8,03 | 0,28 | 2,69 | 2,60             | 5,43              | "                   |
| 8,74 | 26,45 | 6,21 | 3,75 | 4,16 | 1,64             | 4,57              | S. 121              |

Die Differentiation ist nur ein Faktor unter vielen, um die Mannigfaltigkeiten der Gesteinswelt zu erklären. Assimilation und verschieden schneller Temperaturabfall in verschiedenen Stadien der Entwicklung, Druckentlastung, Entbindung flüchtiger Komponenten sind noch neben anderen Momenten mindestens von gleicher Bedeutung.

Es ist notwendig, auf diese Vielseitigkeit besonders hinzuweisen, da vielfach mit dem Begriff „Differentiation“ alles erklärt werden soll. Auch wäre es verkehrt anzunehmen, dass die Einsprenglinge nur in der intra-



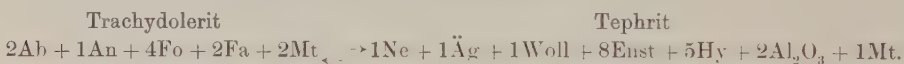
tellurischen Periode sich gebildet haben. Vielmehr besitzt der Zeitfaktor hierbei eine ausschlaggebende Bedeutung.

### 3. Familie der Trachydolerite und Tephrite. Feld: Ne D H.

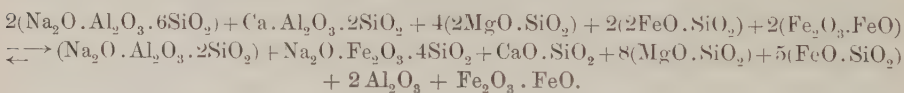
In das Tephritfeld Ne D H fallen die Orte zweier grosser Gesteinsfamilien der Nephelintephrite und Trachydolerite.

Die Nephelintephrite werden mineralogisch durch die Kombination Nephelin, bas. Plagioklas, Pyroxen gekennzeichnet. Die Trachydoleritfamilie umfasst in ihrer mineralogischen Abgrenzung zum Teil recht heterogene Gesteine, die als Trachyandesite, Sodalithtephrite, Hauynandesite oder Trachydolerite usw. bezeichnet werden. Die Feldspate treten hervor, Nephelin zurück, Ägirin fehlt. Der Feldspat ist saurer als in den Tephriten, daneben sind Mineralien der Sodalithfamilie häufiger. Aus beiden Gesteinsreihen entwickeln sich Phonolithe. Auch hier ist wieder die tephritische und trachydoleritische Entwicklung nur faziell bedingt. Beiden Gesteinsfamilien liegen die gleichen Magmen zugrunde.

E. Lehmann hat in seiner kürzlich zum Abschluss gekommenen, noch nicht gedruckten Arbeit über die Eruptivgesteine des Nordendes des Nyassasees das Verhältnis zwischen Trachydolerit und Tephrit klargestellt. Bei gleicher chemischer Zusammensetzung haben beide Gesteine eine verschiedene Mineralzusammensetzung, die in diesem Fall weniger von der Temperatur als vom Druck abhängt. Das Gleichgewicht weist auf beiden Seiten erhebliche Unterschiede im Molekularvolumen auf.



Die auf beiden Seiten gleich auftretenden augitischen Glieder sind, da sie ohne Einfluss auf das Gleichgewicht bleiben, fortgelassen. Oder als chemische Formel geschrieben:



| Trachydolerit] | Mol.Vol. | Tephrit                                    | Mol.Vol. |
|----------------|----------|--|----------|
| 2 Ab . . . . . | = 200,6  | 1 Ne . . . . .                             | = 56,5   |
| 1 An . . . . . | = 101,1  | 1 Äg . . . . .                             | = 67,0   |
| 4 Fo . . . . . | = 175,6  | 1 Woll . . . . .                           | = 40,0   |
| 2 Fa . . . . . | = 94,6   | 8 En . . . . .                             | = 512,0  |
| 2 Mt . . . . . | = 89,6   | 5 Hy . . . . .                             | = 362,5  |
|                | <hr/>    | 2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | = 50,4   |
|                | 661,5    | 1 Mt . . . . .                             | = 44,8   |
|                |          |  | <hr/>    |
|                |          |  | 1133,2   |

Die Trachydolerite sind die hochgespannten Magmen, während die Tephrite eine niedrige Dampfspannung besitzen. Allgemein findet der



Gegensatz zwischen den pazifischen, explosiven, also hochgespannten und den ruhiger ausfliessenden atlantischen Laven durch obiges Gleichgewicht, das links pazifische, rechts atlantische Leitmineralien aufweist, seine Aufklärung.

#### 4. Familie der Trachyphonolithe. Feld: Ne H L.

Als Trachyphonolithe fasse ich alle Gesteine zusammen, welche in das Phonolithfeld fallen, aber sich von den echten Phonolithen durch  $C > 1$  unterscheiden. Sie werden teils als Phonolithe oder als Trachyte oder phonolithische Tephrite, trachytoide Phonolithe usw. bezeichnet. Auch die leukokraten Glieder der Trachydolerite gehören hierher.

#### 6. Familie der Trachyte. Feld: L Ha E.

Die Trachyte sind intermediäre Gesteine mit positiven Q-Werten, die aber die Quarzsättigung des Quarz-Feldspateutektikums nicht erreichen. Mineralogisch sind sie durch Vorherrschen eines Alkalifeldspats über den Plagioklas neben Glimmer, Augit oder Hornblende ausgezeichnet.

Eine quantitative Abgrenzung der Trachyte gegen die Andesite ist in folgender Weise zu ziehen. Hält man an den üblichen Gesteinsbegriffen fest, so ist der Trachyt ein Alkalifeldspatgestein, der Andesit ein Natronkalkfeldspatgestein. Der mittlere Feldspat muss die Grenze liefern. Trachyte besitzen einen mittleren Feldspat, der im Feldspatdreieck im Sextanten II liegt, bei ihm ist  $Ab > Or > An$  oder  $K_2O > \frac{C}{2}$ , natürlich auch  $Na_2O > K_2O$ . Der mittlere Feldspat der Andesite fällt dagegen in die Sextanten III und IV, für ihn gilt  $Ab > An > Or$  oder  $An > Ab > Or$ , es tritt die Kalifeldspat-Komponente zurück.

Auch in dieser Gesteinsfamilie verschieben sich die Mineralgleichgewichte. Augittrachyt und Glimmerandesit sind wiederum nur faziell verschiedene Entwicklungen gleicher Magmen.

| Augittrachyt   |            | Glimmerandesit |       |
|--|------------|----------------|-------|
| Orthoklas  | Hypersthen | Biotit         | Quarz |
| SP. 1200°  | 1210°      | 1240°          |       |
| $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + MgO \cdot FeO \cdot 2SiO_2 \rightleftharpoons K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + MgO \cdot FeO \cdot SiO_2 + 5SiO_2$ |            |                |       |

Die Ursache dieser Mineralverschiebung liegt im Zwischenspiel der flüchtigen Komponenten, ist also in erster Linie eine Funktion der Druckverhältnisse. Im Glimmer sind  $\frac{2}{3} R_2O$  durch  $H_2O$  ersetzt. Die Verschiebung erfolgt auf Kosten von Orthoklas und Augit. Die Glimmerbildung vermehrt den Quarz und lässt den Plagioklas im Dünnschliff stärker hervortreten. Die Glimmerandesite werden demnach zum grösseren Teil in die Trachytfamilie rücken, sie kommen auch in der Natur mit diesen Gesteinen vor. Bekanntlich verläuft die Glimmerresorption nach obigem Schema von rechts nach links.



Die Hornblendebildung dürfte in ähnlicher Weise verlaufen, doch sind die Bildungsbedingungen der Hornblenden noch zu wenig bekannt. Die hier angestellten Betrachtungen gelten auch für die nächste Familie.

#### 8. Familie der Liparite. Feld: Q Ea.

Die Gesteine besitzen die gleiche mineralogische Zusammensetzung, nur dass Quarz in erster Generation als Einsprengling auftritt und Q grösser ist. Die Glimmerfazies herrscht bei den sauren Gesteinen gewöhnlich vor.

### IV a. Die Kalknatronmagmen.

Die Kalknatronmagmen sind Magmen mit  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ . Die Anorthitkomponente im mittleren Feldspat ist weiter gegenüber der vorigen Gruppe gestiegen. Zwar ist noch  $\text{Ab} + \text{Or} > \text{An}$  oder  $A > \frac{C}{2}$ , aber An steht an zweiter Stelle  $\text{An} > \text{Or}$  oder  $\frac{C}{2} > \text{K}_2\text{O}$ . Der mittlere Feldspat fällt im Feldspatdreieck in die Sextanten III oder IV.

Die Abtrennung dieser Gruppe von der vorigen rechtfertigt sich durch ihre geologisch selbständige Stellung.

#### 5. Familie der Feldspatbasalte. Feld: L O M.

Die Feldspatbasalte oder Basalte im engeren Sinn sind basische Gesteine mit negativen Q-Werten, mineralogisch durch die Mineralkombination basischer Plagioklas, Tonerdeaugit und Olivin gekennzeichnet. Es sind vorherrschend melanokrate Gesteine. Das Kieselsäuredefizit verteilt sich nur auf die C- und F-Komponenten. Es fehlen die Feldspatvertreter der A-Komponenten.

Die Kristallisationsdifferentiation wird richtunggebend beeinflusst durch den inkongruenten Schmelzpunkt des Klinoenstatits. Die Kristallisation beginnt mit der Ausscheidung des Olivins, der, wenn im Herd die Entwicklung ungestört und mit langsamem Temperaturabfall sich vollzieht, zu Boden sinkt. Die Magmen reichern sich mit Kieselsäure an und bewegen sich auf Differentiationsbahnen, die vom Olivinpunkt fortführen. Wenn dieser Vorgang, der Temperaturen über  $1400^\circ$  fordert, genügend lange andauert, so können sich schliesslich positive Q-Werte ergeben und aus den basaltischen Magmen entwickeln sich Andesite und noch saurere Gesteine.

Die Basalte bilden auch geologisch eine Einheit. Sie sind besonders mächtig in den beiden Polarkalotten zur Entwicklung gekommen, sind aber durchaus nicht auf diese Regionen beschränkt.

Ich habe die basaltischen Panzerungen als „arktischen Typus“ abgetrennt. Die Basalte sind spezifisch schwere Magmen. Das Basaltfeld überschneidet die oberen Abschnitte der Nephelinbasalt-, Basanit- und Tephritfelder. Die sauersten Glieder dieser Magmen müssen demnach die



Fähigkeit besitzen, sich zu Feldspatbasalten zu entwickeln. Wir kennen die Umstände nicht näher, unter welchen Feldspatbasalte aus nephelinführenden Magmen entstehen oder sich abzweigen. Die Entwicklungsrichtung, die die oben besprochenen „Atlantite“ den Nephelinbasaniten gegenüber einschlagen, kann einen Fingerzeig geben, in welcher Richtung das Problem zu lösen ist.

#### 6.—7. Die Familie der Andesite. Feld: L Db E.

Hierher gehören alle Gesteine mit positiven Q-Werten, die nicht mit Quarz übersättigt sind.

#### 9. Familie der Dazite. Feld: Q Eb.

Die Dazite entwickeln Quarz I. Generation.

Mineralogisch sind die beiden Familien durch die Mineralkombinationen Plagioklas mit Hornblende oder Augit charakterisiert.

Glimmer kann in den Grenztypen gegen die Trachyte hinzukommen. Der Quarzgehalt schwankt in weiten Grenzen. Ein geringer Kieselsäureüberschuss versteckt sich in der Grundmasse. Statt Quarz erscheint auch Tridymit. Der Pyroxen pflegt ein Diopsid oder rhombischer Augit zu sein.

Andesite und Dazite sind die pazifischen Magmen im eigentlichen Sinne. Es sind spezifisch leichte Magmen.

Die engen Beziehungen, die man zwischen Faltengebirgen und dem Auftreten pazifischer Magmen erkannt hat, sind lediglich der Ausdruck für die physikalische Tatsache, dass durch den Faltungsvorgang spezifisch leichte Magmamassen emporgetragen werden. Andere leichte Magmen können ebensogut in die gleiche Stellung gelangen. In den Kernzonen abgetragener Faltungsgebirge findet man allgemein die leichten granitischen Massen entwickelt.

### IV. Die Kalkmagmen.

Kommt schliesslich die Anorthitkomponente C zur unbedingten Vorherrschaft, so entwickeln sich die reinen Kalkmagmen.

Bei ihnen ist  $\frac{C}{2} > A$  oder  $An > Ab + Or$ . Wohl immer ist  $Na_2O > K_2O$ .

Kleine A-Werte und extrem hohe C-Werte sind charakteristisch.

#### 5. Familie der Trappbasalte. Feld: LMO.

Zu den Trappbasalten sollen alle Feldspatbasalte mit  $\frac{C}{2} > A$  gerechnet werden, die negative Q-Werte besitzen. Der Kieselsäurefehlbetrag ist zu verteilen einmal auf die F-Komponenten, dann aber auch auf die C-Komponenten, (Tschermaks Molekül). Die Mineralkombination ist ein dem Anorthit sich nähernder Plagioklas, Tonerdeaugit und Olivin.

Die Trappbasalte sind die herrschenden Gesteine der arktischen Sippe.



## IVa. Kalknatron-

## 5. Basalt. Feld: L M O

|                |                        |                                      |
|----------------|------------------------|--------------------------------------|
| 206            | Basalt                 | Fratelli Pii, Ätna 693 v. Chr.       |
| 200            | Basalt                 | Ziegenhals, Vogelsberg               |
| Kamtschatka 12 | Vitroandesit           | Vulkan Awatscha, Kamtschatka         |
| I.             | Basalt, Lapilli Typ b. | Insel Bouvet, Indischer Ozean        |
| II. 10         | Dolerit                | Reupers b. Roth, Rhön                |
| 201            | Basalt                 | Red Cone, Crater Lake, Oregon        |
| 213            | Basaltobsidian         | Niouafou, Tonga                      |
| 220            | Basalt                 | Stinking Water Cañon, Yellowstone    |
| 209            | Plagioklasbasalt       | Dunraven Peak, Yellowstone           |
| 207            | Plagioklasbasalt       | Ätna, Mittel aus 7 vor christl. Lav. |
| 198            | Plagioklasbasalt       | Oroville, Butte Co., Californien     |
| 219            | Basalt                 | Timber Creek, Yellowstone            |
| Oki I. 15      | Basalt                 | Ondake, Fukae, Gotoinseln, Japan     |
| II. 12         | Dolerit                | Gangolfsberg, Rhön                   |
| III.           | Plagioklasbasalt       | Insel Bouvet, Indischer Ozean        |
| Kamtschatka 13 | Basalt                 | Bucht d. heil. Kreuzes, Anadyrmünd.  |
| Oki II. 6      | Basalt                 | Gembudo, Tajima, Japan               |
| 230            | Plagioklasbasalt       | Ätnalava 1865                        |
| 229            | Plagioklasbasalt       | Ätnalava 1863                        |
| 208            | Plagioklasbasalt       | Cuddie Monti, Pantelleria            |
| II.            | Plagioklasbasalt       | Insel Bouvet, Indischer Ozean        |
| 196            | Basalt                 | Stromboli 1891                       |
| 204            | Plagioklasbasalt       | Kilauea, Hawaii                      |
| 203            | Plagioklasbasalt       | Saddle Mts. Colorado                 |
| I.             | Plagioklasbasalt       | Neu Amsterdam, Indischer Ozean       |
| III 2          | Feldspatbasalt         | Steinernes Haus, S. Ilmenberg, Rhön  |
| IV 2           | Feldspatbasalt         | Ilmenberg, Rhön                      |

## IVa. Kalknatron-

## 6.—7. Andesite. Feld: L Db E

|               |                      |                                    |
|---------------|----------------------|------------------------------------|
| SüdJapan 5    | Pyroxenandesit       | Moezaki, Sakurashima, Japan        |
| Kamtschatka 3 | Hornblendeandesit    | Ostseite Dom d. Choachen, Kamtsch. |
| 177           | Hypersthenandesit    | Goodyears Bar, Sierra Co., Calif.  |
| 122           | Dazit                | Kis Sebes, Siebenbürgen            |
| 126           | Dazit                | San Pedro, Gabo de Gata            |
| 148           | Hornblendeandesit    | Black Butte, Mt. Shasta            |
| 181           | Augitandesit         | St. Ägidi, Steiermark              |
| 120           | Pyroxendazit         | Cumba, Columbien                   |
| 142           | Amphibolaugitandesit | Sa. Virgen de Yanancal, Columb.    |
| 124           | Amphibolaugitandesit | Mt. Tajumbina, Columbien           |
| 149           | Amphibolandesit      | Rincon de la Vieja, Costarika      |
| 157           | Pyroxenandesit       | Agate Creek, Yellowstonepark       |
| 180           | Hypersthenandesit    | Westbasis Mt. Shasta, Calif.       |



magmen.

| L     | M     | Q       | A    | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                              |
|-------|-------|---------|------|------|-------|------------------|-------------------|------------------------------|
| 53,24 | 46,76 | — 0,00  | 3,98 | 5,35 | 23,38 | 0,86             | 3,12              | Osann T. M. 20. 1901         |
| 53,96 | 46,22 | — 0,18  | 4,52 | 4,45 | 23,11 | 0,34             | 4,18              | S. 94, 95                    |
| 69,40 | 30,92 | — 0,32  | 5,75 | 5,85 | 15,46 | 0,53             | 5,22              | "                            |
| 60,5  | 41,5  | — 2,0   | 4,63 | 5,88 | 20,75 | 0,75             | 3,78              | Reinisch, Valdiviaexp. X. 07 |
| 51,80 | 50,80 | — 2,60  | 4,74 | 3,47 | 27,09 | 0,95             | 3,79              | Bücking, Berl. Ak. 24. 1910  |
| 60,24 | 42,48 | — 2,72  | 4,56 | 5,94 | 21,24 | 0,88             | 3,68              | Osann T. M. 20. 1911         |
| 41,12 | 62,02 | — 3,14  | 2,92 | 4,44 | 31,01 | 0,15             | 2,77              | "                            |
| 62,32 | 40,90 | — 3,22  | 4,89 | 5,80 | 20,45 | 1,72             | 3,17              | "                            |
| 51,68 | 51,96 | — 3,64  | 3,56 | 5,80 | 25,98 | 1,21             | 2,35              | "                            |
| 55,16 | 48,66 | — 3,82  | 3,86 | 6,07 | 24,33 | 0,67             | 3,19              | "                            |
| 55,32 | 48,72 | — 4,04  | 4,86 | 4,11 | 24,36 | 1,36             | 3,50              | "                            |
| 65,96 | 38,96 | — 4,92  | 4,99 | 6,51 | 19,48 | 1,39             | 3,60              | "                            |
| 61,88 | 43,72 | — 5,60  | 4,88 | 5,71 | 20,53 | 1,05             | 3,83              | S. 110—113                   |
| 51,28 | 54,53 | — 5,81  | 4,12 | 4,58 | 28,00 | 0,83             | 3,29              | Bücking, Berl. Ak. 24. 1910  |
| 58,66 | 47,44 | — 6,10  | 4,68 | 5,31 | 23,72 | 1,08             | 3,60              | Reinisch Valdivia X. 1907    |
| 70,12 | 36,12 | — 6,24  | 6,53 | 4,47 | 18,06 | 1,07             | 5,46              | S. 114, 115                  |
| 69,08 | 38,76 | — 7,84  | 5,38 | 6,51 | 18,39 | 1,25             | 4,13              | Osann T. M. 20. 1901         |
| 63,72 | 44,46 | — 8,18  | 4,15 | 7,63 | 22,23 | 0,46             | 3,69              | "                            |
| 64,04 | 44,32 | — 8,36  | 4,17 | 7,67 | 22,16 | 0,50             | 3,67              | "                            |
| 55,84 | 53,68 | — 9,52  | 3,99 | 5,98 | 26,84 | 0,90             | 3,09              | "                            |
| 63,6  | 46,0  | — 9,6   | 4,95 | 6,01 | 23,02 | 0,75             | 4,20              | "                            |
| 53,64 | 58,02 | — 11,66 | 5,14 | 3,13 | 29,01 | 1,95             | 3,19              | "                            |
| 58,83 | 53,23 | — 12,06 | 4,66 | 5,39 | 26,62 | 0,97             | 3,69              | "                            |
| 63,88 | 48,72 | — 12,50 | 5,70 | 4,57 | 24,36 | 2,06             | 3,64              | "                            |
| 55,84 | 57,38 | — 13,22 | 3,57 | 6,82 | 28,69 | 0,49             | 3,08              | Reinisch, Valdiviaexp. X.    |
| 51,20 | 64,36 | — 15,36 | 4,07 | 4,66 | 32,18 | 0,94             | 3,13              | Bücking, Berl. Ak. 24. 1907  |
| 43,64 | 75,15 | — 18,79 | 3,67 | 3,57 | 38,47 | 0,85             | 2,82              | "                            |

magmen.

| L     | M     | Q     | A    | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                      |
|-------|-------|-------|------|------|-------|------------------|-------------------|----------------------|
| 61,08 | 12,50 | 26,42 | 5,15 | 4,97 | 5,46  | 1,59             | 3,56              | S. 130, 131          |
| 66,26 | 8,52  | 25,22 | 5,44 | 4,88 | 3,13  | 1,31             | 4,13              | S. 94, 95            |
| 62,68 | 12,90 | 24,37 | 5,19 | 5,29 | 6,45  | 1,13             | 4,06              | Osann T. M. 20. 1901 |
| 57,20 | 20,26 | 22,54 | 5,19 | 3,92 | 10,13 | 1,11             | 4,08              | "                    |
| 55,60 | 22,64 | 21,76 | 3,80 | 6,30 | 11,23 | 1,14             | 2,66              | "                    |
| 67,48 | 12,98 | 19,54 | 5,46 | 5,95 | 6,49  | 0,78             | 4,68              | "                    |
| 55,32 | 25,52 | 19,16 | 3,71 | 6,41 | 12,76 | 0,50             | 3,21              | "                    |
| 63,48 | 17,16 | 19,16 | 5,92 | 4,03 | 8,68  | 1,11             | 4,81              | "                    |
| 61,72 | 19,36 | 18,92 | 4,92 | 5,59 | 9,68  | 1,79             | 3,13              | "                    |
| 69,44 | 12,22 | 18,34 | 5,30 | 6,76 | 6,11  | 1,37             | 3,93              | "                    |
| 64,44 | 17,72 | 17,84 | 4,56 | 6,99 | 8,86  | 0,94             | 3,62              | "                    |
| 59,44 | 22,90 | 17,66 | 5,20 | 4,46 | 11,45 | 0,98             | 4,22              | "                    |
| 66,76 | 16,68 | 16,56 | 5,26 | 6,17 | 8,34  | 0,79             | 4,47              | "                    |



## IVa. Kalknatron-

7. Andesite. Feld:  $\bar{L} Db E$ 

|                   |                        |                                       |
|-------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 146               | Hornblendehyperst. An. | Suppans Mts. Tshama Co., Calif.       |
| 143               | Hornblendeandesit      | Cap Graciano, Filicudi, Lipari        |
| 40                | Andesit                | Peoqoup Pass, Nevada                  |
| 150               | Hornblendeandesit      | Tuscan Butte, Lassens Peak            |
| 145               | Hornblendeaugitandesit | Cerro negro de Mayasquer, Columb.     |
| 144               | Hornblendeaugitandesit | Mt. Shasta, Californien               |
| 179               | Hypersthenandesit      | Krater Peak, Shasta Co., Calif.       |
| 165               | Pyroxenandesit         | Cerro San Christobal, Mexiko          |
| S. 402            | Hypersthenandesit      | Chorisser, Zentralkaukasus            |
| Philippinen I. 5  | Pyroxenandesit         | Antamok River, Bagio Distr. Luzon     |
| 178               | Hypersthenaugitandesit | Crater Lake, Oregon                   |
| SüdJapan 11       | Pyroxenandesit         | Vulkan Sakurashima 1914               |
| Philippinen II. 5 | Augitandesit           | Vulkan Taal, Luzon                    |
| 138               | Hornblendeandesit      | Peñon de Pitago, Columbien            |
| 139               | Hornblendeprox. And.   | Sepulchre Mts., Yellowstone           |
| 184               | Hypersthenandesit      | Franklin Hill, Plumas Co., Calif.     |
| 162               | Pyroxenandesit         | Sepulchre Mts., Yellowstone           |
|                   | Hypersthenandesit      | Seddass de Sa. Murta, San Antioco     |
| 185               | Pyroxenandesit         | Butte Mt., Plumas Co., Californien    |
| 163               | Pyroxenandesit         | Alicudi, Äolen                        |
| Oki I. 1          | Pyroxenandesit         | Yui, Dôgo, Okiinseln, Japan           |
| 164               | Pyroxenandesit         | Dunraven Peak, Yellowstone            |
| 160               | Hypersthenandesit      | Buffalo Peak, Colorado                |
| Kamtschatka 11    | Augitandesit           | Kljutschewskaja, Kamtschatka          |
| 186               | Hypersthenandesit      | Bidwells Road, Butte Co., Calif.      |
| Fuji II. 14       | Boninit                | Ojigaura, Chichishima, Japan          |
| Sumatra III. 11   | Augitandesit           | Kotta Toza, Vulkan Singalang, Sumatra |

## IVa. Kalknatron-

9. Dazite. Feld:  $Q Eb$ 

|                |               |  |
|----------------|---------------|--|
| Fuji 1. 2      | Dazit         | Izusan b. Atami, Japan                 |
| Kamtschatka 4  | Glimmerdazit  | Bjelyi Chrebet, Kamtschatka            |
| Flores 3       | Dazit         | Ndoerafluss, Flores                    |
| Kurilen 3      | Dazit         | Zaimokuiwa, Kunashiri, Kurilen         |
| Soembawa 3     | Dazit         | Sapeh, Soembawa                        |
| NordJapan 4    | Dazit         | Komagatake, Oshima, Hokkaido           |
| Flores 2       | Dazit         | Manoebalafluss, Flores                 |
| NordJapan 9    | Dazitbimstein | Usu, Iburi, Hokkaido                   |
| Celebes II. 9  | Dazit         | Songi Sebelit, Müllerergebirge, Borneo |
| Celebes II. 10 | Dazit         | Songi Embahoe, Müllerergebirge         |
| Soembawa 2     | Dazit         | Kampong Dija, Soembawa                 |
| S. 404         | Dazit         | Tep Don, Zentralkaukasus               |
| Fuji I. 6      | Dazit         | Hakachi, Mihamoura, Japan              |



magmen.

| L     | M     | Q     | A    | C    | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                        |
|-------|-------|-------|------|------|-------|------------------|-------------------|------------------------|
| 63,08 | 20,78 | 16,14 | 5,20 | 5,37 | 10,39 | 1,11             | 4,09              | Osann T. M. 20. 1901   |
| 60,21 | 23,98 | 15,81 | 5,15 | 4,75 | 9,68  | 1,79             | 3,13              | "                      |
| 74,12 | 10,72 | 15,16 | 5,86 | 4,30 | 5,36  | 0,45             | 5,41              | "                      |
| 67,44 | 18,00 | 14,46 | 4,93 | 7,00 | 9,00  | 0,92             | 4,01              | "                      |
| 64,60 | 21,38 | 14,02 | 5,76 | 4,63 | 10,69 | 2,02             | 3,74              | "                      |
| 63,37 | 22,96 | 13,67 | 5,00 | 5,78 | 11,43 | 0,88             | 4,12              | "                      |
| 66,36 | 20,06 | 13,58 | 5,19 | 6,20 | 10,02 | 1,19             | 4,00              | "                      |
| 57,76 | 28,90 | 13,54 | 4,32 | 5,80 | 14,45 | 1,57             | 2,75              | "                      |
| 70,48 | 16,20 | 13,32 | 6,16 | 5,30 | 7,30  | 1,38             | 4,78              | Loewinson Lessing 1915 |
| 69,00 | 18,38 | 12,62 | 5,10 | 7,05 | 9,19  | 1,43             | 3,67              | S. 174, 175 [T. M. 33  |
| 66,19 | 21,96 | 11,75 | 5,26 | 6,00 | 10,96 | 1,00             | 4,03              | Osann T. M. 20. 1901   |
| 62,76 | 25,72 | 11,52 | 5,36 | 4,97 | 11,61 | 1,33             | 4,03              | S. 134, 131            |
| 72,80 | 17,68 | 9,52  | 6,60 | 5,00 | 6,46  | 1,80             | 4,80              | S. 176, 177            |
| 63,84 | 28,08 | 8,08  | 6,01 | 3,94 | 14,04 | 1,83             | 4,18              | Osann T. M. 20. 1901   |
| 60,80 | 31,76 | 7,40  | 5,55 | 4,10 | 15,87 | 1,77             | 3,78              | "                      |
| 64,49 | 28,78 | 6,73  | 4,44 | 7,22 | 14,37 | 0,98             | 3,46              | "                      |
| 62,28 | 32,24 | 5,48  | 4,63 | 6,30 | 16,11 | 1,29             | 2,34              | "                      |
| 70,28 | 24,46 | 5,26  | 5,28 | 7,01 | 12,23 | 0,80             | 4,48              | Johnsen B. Ak. 1912    |
| 59,88 | 35,53 | 4,69  | 3,83 | 7,28 | 17,73 | 0,63             | 3,20              | Osann T. M. 20. 1901   |
| 57,04 | 38,37 | 4,59  | 4,88 | 4,41 | 19,19 | 1,28             | 3,60              | "                      |
| 59,72 | 35,95 | 4,31  | 4,00 | 6,93 | 15,99 | 1,00             | 3,00              | S. 112, 113            |
| 59,96 | 36,17 | 3,87  | 5,16 | 4,63 | 18,04 | 1,15             | 4,01              | Osann T. M. 20. 1901   |
| 60,28 | 36,30 | 3,30  | 4,76 | 5,55 | 18,15 | 1,65             | 3,11              | "                      |
| 78,45 | 18,92 | 2,63  | 5,52 | 8,42 | 9,44  | 0,72             | 4,80              | S. 94, 95              |
| 65,43 | 32,04 | 2,53  | 4,50 | 7,34 | 16,00 | 0,69             | 3,81              | Osann T. M. 20. 1901   |
| 68,56 | 29,46 | 1,98  | 5,12 | 6,90 | 14,73 | 0,82             | 4,30              | S. 140, 141            |
| 58,44 | 41,20 | 0,36  | 5,05 | 4,51 | 18,54 | 0,87             | 4,18              | S. 210, 211            |

magmen.

| L     | M     | Q     | A    | C    | F    | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                        |
|-------|-------|-------|------|------|------|------------------|-------------------|------------------------|
| 54,97 | 6,39  | 38,64 | 3,81 | 5,95 | 1,82 | 0,74             | 3,07              | S. 138, 139            |
| 61,56 | 6,05  | 32,39 | 5,30 | 4,31 | 2,01 | 1,63             | 3,67              | S. 94, 95              |
| 53,00 | 15,46 | 31,54 | 4,44 | 4,37 | 6,32 | 1,08             | 3,36              | S. 244, 245            |
| 61,80 | 6,88  | 31,32 | 5,21 | 5,01 | 2,87 | 0,34             | 4,87              | S. 99                  |
| 62,52 | 7,11  | 30,37 | 4,82 | 5,99 | 2,26 | 0,76             | 3,95              | S. 238, 239            |
| 59,01 | 10,76 | 30,23 | 4,19 | 6,13 | 4,48 | 0,89             | 3,30              | S. 120, 121            |
| 58,16 | 11,66 | 30,18 | 5,09 | 4,36 | 4,35 | 0,54             | 4,55              | S. 244, 245            |
| 55,52 | 14,50 | 29,98 | 4,70 | 4,48 | 5,91 | 0,94             | 3,76              | S. 120, 121            |
| 63,44 | 6,90  | 29,66 | 5,81 | 4,24 | 2,64 | 1,46             | 4,39              | S. 188, 189            |
| 61,52 | 9,62  | 28,86 | 5,40 | 5,05 | 3,77 | 0,77             | 4,63              | S. 188, 189            |
| 61,96 | 9,49  | 28,55 | 4,69 | 5,96 | 3,54 | 0,74             | 3,95              | S. 238, 239            |
| 65,28 | 7,05  | 27,67 | 6,84 | 2,64 | 3,46 | 0,93             | 5,91              | Loewinson Lessing 1914 |
| 62,65 | 10,58 | 26,77 | 4,69 | 6,23 | 4,65 | 1,14             | 3,55              | S. 138, 139 [T. M. 33  |



IV. Kalk-  
5. Trappbasalt.  
L

|                |                  |   |       |
|----------------|------------------|---|-------|
| 231            | Basalt           | Aetna 1852                              | 68,96 |
| 232            | Basalt           | Aetna 1879                              | 59,28 |
| 234            | Basalt           | Royat, Auvergne                         | 57,84 |
| 222            | Basalt           | Dardanelles, Alpine Co., Cal.           | 55,48 |
|                | Basalt           | Insel St. Paul, Ind. Ozean              | 67,24 |
| 212            | Basalt           | Insel Disko, Grönland                   | 41,16 |
| Kamtschatka 16 | Dolerit          | Schlotki, Tigil, Kamtschatka            | 66,88 |
| 233            | Basalt           | Aetna, Mittel aus 23 nach Ch. Laven     | 64,32 |
|                | Basalt           | Kosel, Böhm. Leipa                      | 58,40 |
|                | Basalt           | Insel St. Paul, Ind. Ozean              | 61,08 |
|                | Basalt           | Aetna 1669                              | 50,24 |
| II             | Basalt           | Kerguelen Insel 150 m                   | 59,76 |
| I              | Basalt           | Kerguelen Insel 10 m                    | 62,92 |
| 211            | Basalt           | Hekla, Island                           | 43,44 |
| 249            | Hornblendebasalt | Kork Creek, Shasta Co., Calif.          | 57,32 |
| I              | Basalt           | Neu Amsterdam, Ind. Ozean               | 55,84 |
|                | Pikritbasalt     | Loberiavieja, Masafuerta, Juan Fernand. | 25,04 |

7. Alboranite.

|                |                        |                                    |       |
|----------------|------------------------|------------------------------------|-------|
| Nordjapan 8    | Pyroxenandesit         | Tarumai, Hokkaido                  | 50,20 |
| Nordjapan 15   | Pyroxenandesit         | Hikage, Biwatal, Bandai            | 55,52 |
| Java I 6       | Basalt?                | Vulkan Merapi, Java                | 45,00 |
| Sumatra III 14 | Augitandesit           | Danau Paoeh, Limau Manies, Sumatra | 52,64 |
| Nordjapan 14   | Pyroxenandesit         | Krater des Bandai, Japan           | 58,08 |
| Sumatra III 14 | Quarztrachytandesit    | Vulkan Singkarak, Sumatra          | 59,68 |
| Nordjapan 12   | Pyroxenandesit         | Bandaisan, Japan                   | 54,40 |
| Nordjapan 13   | Mijakit                | Yugetayama, Bandai, Japan          | 53,92 |
| Fuji I 12      | Pyroxenandesit         | Udone shima, Japan                 | 46,04 |
| Sumatra III 16 | Augitandesit           | Vulkan Pasar Arbaae, Sumatra       | 65,92 |
| I 3            | Dolerit                | Taufstein, Frauenberg, Rhön        | 48,64 |
| 151            | Hornblendeaugitandesit | Mt. Hood, Oregon                   | 61,00 |
| Flores 6       | Labradorandesit        | Vulkan Bara, Flores                | 57,96 |
| 188            | Dolerit                | Vulkan Poas, Costarika             | 61,02 |
| 191            | Dolerit                | Turrialba, Costarika               | 61,40 |
| Fuji II 2      | Pyroxenandesit         | Vulkan Mihara, Oshima, Japan       | 43,76 |
| Fuji II 7      | Pyroxenandesit         | Kratergipfel, Mijakeshima, Japan   | 53,48 |
| 2              | Santorinit             | Alboran, Spanien                   | 52,68 |
| Fuji I 5       | Anorthitbasalt         | Fuji no yama, Japan                | 60,52 |
| 3              | Alboranit              | Alboran, Spanien                   | 48,20 |
| Fuji II 6      | Mijakit                | Mijakeshima, Japan                 | 72,24 |
| 189            | Augitandesit           | Pilis, Ungarn                      | 59,80 |
| Fuji II 1      | Pyroxenandesit         | Vulkan Mihara, Oshima, Japan       | 45,16 |
| Fuji II 8      | Pyroxenandesit         | Mijakeshima, Japan                 | 51,76 |
| 237            | Hypersthenbasalt       | Mt. Thielson, Oregon               | 58,44 |
| Fuji II 12     | Boninit                | Kuröse, Ototoshima, Chichishima    | 51,52 |
| Fuji II 13     | Boninit                | Mijanoura, Chichishima             | 42,80 |
| Fuji I 4       | Anorthidolerit         | Tonosawe b. Hakone, Japan          | 66,92 |
| Soembawa 8     | Labradorandesit        | Koka, Triboelan, Soembawa          | 71,16 |
| Fuji III 4     | Pyroxenandesit         | Vulkan Mihara, Oshima, Japan       | 51,76 |
| Soembawa 9     | Labradorandesit        | Fluss Gapit, Soembawa              | 69,24 |
| Fuji II 3      | Pyroxenandesit         | Vulkan Mihara, Oshima              | 50,20 |
| 236            | Plagioklasbasalt       | Macomer, Sardinien                 | 64,84 |
| Fuji I 11      | Pyroxenandesit         | Insel Toshima, Japan               | 60,04 |
| Philipp. III 8 | Basalt                 | Tobelo, Halmahera                  | 54,96 |
| 3              | Hypersthenandesit      | Isla de la Nube, Alboran           | 51,40 |
| Java I 1       | Basalt                 | Vulkan Goentoer, Java              | 65,68 |
| Nordjapan 10   | Pyroxenandesit         | Usu, Hokkaido                      | 70,08 |
|                | Hypersthenbasalt       | Capo Sperone, S. Antioco           | 65,48 |
|                | Basalt                 | Saunders Insel, Süd. Sandwich      | 53,96 |



## magmen.

Feld: L M O.

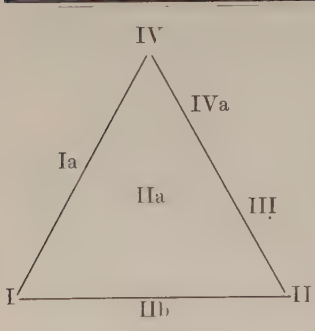
| M     | Q       | A    | C     | F     | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |                                |
|-------|---------|------|-------|-------|------------------|-------------------|--------------------------------|
| 32,32 | — 1,28  | 3,75 | 9,74  | 16,16 | 0,63             | 3,12              | Osann T.M. 20. 1901            |
| 42,52 | — 1,80  | 3,21 | 8,40  | 21,26 | 0,58             | 2,63              | "                              |
| 44,10 | — 1,94  | 1,97 | 10,52 | 22,05 | 0,57             | 1,40              | "                              |
| 47,06 | — 2,54  | 3,10 | 7,67  | 23,53 | 0,46             | 2,64              | "                              |
| 35,60 | — 2,84  | 3,19 | 10,83 | 17,80 | 0,80             | 2,39              | Reinisch Valdivia Exp. X. 1907 |
| 61,96 | — 3,12  | 1,92 | 6,45  | 30,98 | 0,04             | 1,88              | Osann T.M. 20. 1901            |
| 37,76 | — 4,64  | 3,98 | 8,76  | 19,79 | 0,64             | 3,34              | vgl. S. 95                     |
| 42,78 | — 7,10  | 3,97 | 8,14  | 21,39 | 0,82             | 3,15              | Osann T.M. 20. 1901            |
| 49,35 | — 7,75  | 2,65 | 9,30  | 26,80 | 0,17             | 2,48              | Osann T.M. 20. 1901            |
| 37,86 | — 8,94  | 3,47 | 8,33  | 18,93 | 0,87             | 2,60              | Reinisch l. c.                 |
| 48,86 | — 9,10  | 2,16 | 8,24  | 24,23 | 0,44             | 1,72              | Osann T.M. 20. 1901            |
| 49,14 | — 9,90  | 3,14 | 8,66  | 24,57 | 0,78             | 2,36              | Reinisch l. c.                 |
| 47,28 | — 10,20 | 3,69 | 8,35  | 23,64 | 0,86             | 2,83              | "                              |
| 58,64 | — 12,08 | 2,41 | 6,04  | 29,32 | 0,81             | 1,60              | Osann T.M. 20. 1901            |
| 54,98 | — 12,30 | 2,89 | 8,55  | 27,49 | 0,64             | 2,25              | "                              |
| 57,38 | — 13,22 | 3,57 | 6,82  | 28,69 | 0,49             | 3,08              | Reinisch l. c.                 |
| 97,22 | — 22,26 | 1,56 | 3,14  | 48,04 | 0,35             | 1,21              | Quensel B. Geol. Upsala 11     |

Feld: Q H D.

|       |       |      |       |       |       |      |                                    |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------------------------------------|
| 22,42 | 27,38 | 2,06 | 8,43  | 9,83  | 0,55  | 1,51 | S. 120, 121                        |
| 17,61 | 26,87 | 3,72 | 6,44  | 5,03  | 0,73  | 2,49 | S. 120, 121                        |
| 29,10 | 25,10 | 1,72 | 7,81  | 11,18 | 0,51  | 1,21 | S. 210, 211                        |
| 23,66 | 23,70 | 2,64 | 7,88  | 9,07  | 1,16  | 1,48 | S. 210, 211                        |
| 18,82 | 23,10 | 3,92 | 7,59  | 5,33  | 0,57  | 3,35 | S. 120, 121                        |
| 17,48 | 22,84 | 2,82 | 9,28  | 6,31  | 1,86? | 0,96 | S. 210, 211                        |
| 23,78 | 21,82 | 2,58 | 8,44  | 10,93 | 0,21  | 2,37 | S. 120, 121                        |
| 24,28 | 21,80 | 3,43 | 6,62  | 11,70 | 0,76  | 2,67 | S. 120, 121                        |
| 35,48 | 18,48 | 0,61 | 10,29 | 14,83 | 0,05  | 0,56 | S. 138, 139                        |
| 16,04 | 18,04 | 3,99 | 8,50  | 6,49  | 0,72  | 3,27 | S. 210, 111                        |
| 34,24 | 17,12 | 2,35 | 7,46  | 19,42 | 0,40  | 1,95 | Bücking, Sitzb. Berl. Ak. 1910, 24 |
| 22,88 | 16,12 | 3,64 | 7,97  | 11,44 | 0,87  | 2,77 | Osann T.M. 20. 1901                |
| 26,15 | 15,88 | 3,30 | 7,89  | 10,99 | 0,67  | 2,63 | S. 244, 245                        |
| 23,36 | 15,62 | 1,79 | 11,38 | 11,68 | 0,00  | 1,79 | Osann T.M. 20. 1901                |
| 23,80 | 14,80 | 1,59 | 12,17 | 11,90 | 0,00  | 1,59 | "                                  |
| 41,54 | 14,70 | 1,12 | 8,70  | 19,53 | 0,33  | 0,79 | S. 140, 141                        |
| 32,36 | 14,16 | 2,82 | 7,73  | 14,50 | 0,22  | 2,60 | S. 140, 141                        |
| 33,46 | 13,86 | 2,84 | 7,49  | 13,92 | 0,77  | 2,07 | Becke T.M. 18. 1899                |
| 27,64 | 11,84 | 1,45 | 12,23 | 11,25 | 0,53  | 0,92 | S. 138, 139                        |
| 40,42 | 11,38 | 2,27 | 7,81  | 18,01 | 1,05  | 1,22 | Becke l. c.                        |
| 17,80 | 10,96 | 3,36 | 11,34 | 6,21  | 0,16  | 3,20 | S. 140, 141                        |
| 29,40 | 10,80 | 2,10 | 10,75 | 14,70 | 0,19  | 1,91 | Osann T.M. 20. 1901                |
| 44,14 | 10,70 | 1,63 | 8,03  | 21,29 | 0,26  | 1,37 | S. 140, 141                        |
| 37,72 | 10,52 | 2,89 | 7,16  | 17,13 | 0,58  | 2,31 | S. 140, 141                        |
| 31,10 | 10,46 | 2,55 | 9,51  | 15,55 | 0,33  | 2,22 | Osann T.M. 20. 1901                |
| 38,62 | 9,86  | 2,25 | 8,38  | 19,31 | 0,25  | 2,00 | S. 140, 141                        |
| 48,04 | 9,26  | 2,41 | 5,88  | 23,92 | 0,25  | 2,17 | S. 140, 141                        |
| 25,70 | 7,38  | 1,64 | 11,64 | 12,64 | 0,24  | 1,40 | S. 138, 139                        |
| 21,72 | 7,12  | 4,36 | 9,07  | 8,16  | 0,90  | 3,46 | S. 238, 239                        |
| 41,48 | 6,76  | 1,63 | 9,68  | 20,35 | 0,26  | 1,37 | S. 140, 141                        |
| 24,12 | 6,64  | 2,72 | 11,87 | 10,56 | 0,95  | 1,77 | S. 238, 239                        |
| 43,60 | 6,20  | 1,82 | 8,91  | 21,54 | 0,26  | 1,56 | S. 140, 141                        |
| 31,92 | 3,24  | 2,72 | 10,73 | 15,96 | 0,45  | 2,27 | Osann T.M. 20. 1901                |
| 36,84 | 3,12  | 3,15 | 8,71  | 16,81 | 0,64  | 2,51 | S. 138, 139                        |
| 42,58 | 2,46  | 2,77 | 8,20  | 17,58 | 1,02  | 1,75 | S. 178, 179                        |
| 46,50 | 2,10  | 3,11 | 6,63  | 20,19 | 1,05  | 1,22 | Becke T.M. 18. 1899                |
| 32,64 | 1,68  | 3,72 | 8,89  | 16,13 | 0,40  | 3,32 | S. 232, 233                        |
| 28,72 | 1,20  | 3,64 | 10,24 | 13,13 | 0,18  | 3,46 | S. 120, 121                        |
| 33,56 | 0,96  | 3,70 | 8,97  | 16,78 | 0,89  | 2,81 | Johnsen, Berl. Akad. 1912          |
| 44,96 | 0,08  | 3,16 | 7,17  | 22,48 | 0,30  | 2,86 | O. Baeckström, B. Geol. Upsala 11  |



## Übersicht über die Systematik der Eruptivmagmen.

|  |  | Kalimagmen                                     |  |   |
|---|--|--|--|---|
|   |  | I.<br>Kalimagmen                               | Ia<br>Kalikalk-<br>magmen  | IIa und IIb<br>Natronkalikalk<br>u. Natron-<br>kalimagmen |
|   |  | $K_2O > Na_2O$<br>$Or > Ab > An$<br>$C < 2,15$ | $K_2O > Na_2O$<br>$Or > Ab > An$<br>$Or > An > Ab$<br>$C > 2,15$ | $Na_2O > K_2O >$<br>$0,8Na_2O$<br>$Or \sim Ab \sim An$    |
| Ausgang d. feldbegrenzd. Strahlen   |  | Leu  | N  | N   |
| Saure Magmen<br>Q positiv   | 9. Dazitfeld<br>Q E b                                |  |  | Quarztrachyt-<br>andesit                                  |
|   | 8. Liparitfeld<br>Q E a                              | Kaliliparit                                    |  | Liparit   |
| Grenze: EK  |  |  |  |   |
| Intermediäre<br>Magmen<br>Q positiv   | 7. Andesitfeld<br>L D E b                            | Fortunit                                       | Vulsinit   | Latit<br>D = 2,6 – 2,75                                   |
|   | 6. Trachytfeld<br>L H a E                            | Kalitrachyt                                    | Trachyt  | Trachyt   |
| Grenze: LM  |  |  |  |   |
| Basische Magmen<br>Q negativ  | 5. Basaltfeld<br>L O M                               |  | Absharokit<br>Ciminit<br>Orthoklasbasalt<br>D = 2,7 – 2,8        | Shoshonit<br>Kalibasalte                                  |
|   | 4. Phonolithfeld<br>Ne(N, Leu) H L                   | Leuzitphonolith<br>Leuzitrachyt                | Trachyphonolith  | Trachyphonolith   |
|   | 3. Tephritfeld<br>Ne(N, Leu) D H                     | Arsotrachyt<br>Leuzitrachydo-<br>lerit,        | Leuzittephrit  | Leuzittephrit<br>Vicoit<br>Banakit                        |
|   | 2. Basanitfeld<br>Ne(N, Leu) M D                     | Verit, Orendit<br>Wyomingit<br>D = 2,6 – 2,8   | Leuzitbasanit<br>Leuzitit  | Leuzitbasanit<br>Leuzitit                                 |
|   | 1. Nephelin-<br>(Leuz.)-basaltfeld<br>Ne(N, Leu) O M | Leuzitophyr<br>Jumillit<br>Madupit             | Leuzitbasalt   | Leuzitnephelin-<br>basalt                                 |



## Übersicht über die Systematik der Eruptivmagmen.

| Natronmagmen  |  | Kalkmagmen  |  |
|---|--|---|--|
| II.<br>Natronmagmen   | III.<br>Natronkalkmagmen   | IVa<br>Kalknatron-<br>magmen  | IV.<br>Kalkmagmen  |
| $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$<br>$\text{Ab} > \text{Or} > \text{An}$<br>$\text{C} < 0.5$ | $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$<br>$\text{K}_2\text{O} < 0.8\text{Na}_2\text{O}$<br>$\text{Ab} > \text{Or} > \text{An}$<br>$\text{Ab} > \text{An} > \text{Or}$<br>$\text{C} > 0.5$<br>$\text{A} > \frac{\text{C}}{2}$ | $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$<br>$\text{Ab} + \text{Or} > \text{An}$<br>$\text{A} > \frac{\text{C}}{2}, \text{An} > \text{Or}$ | $\frac{\text{C}}{2} > \text{A}$<br>$\text{An} > \text{Ab} + \text{Or}$<br>$\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ |
| Ne  | Ne   | L   | L  |
| Pantellerit<br>D = 2,47—2,69  |  | Dazit<br>D = 2,33—2,94  |  |
| Comendit<br>D = 2,49—2,70   | Liparit<br>D = 2,5—2,61  |   |  |
| Pantellerit-<br>trachyt   |  | Andesit<br>D = 2,35—2,94  | Alboranit<br>Anorthitdolerite<br>Mijkait<br>Labradorandesit<br>Boninit<br>D = 2,64—2,88                              |
| Comendittrachyt<br>D = 2,596—2,71   | Trachyt<br>D = 2,499—2,658   |   |  |
|   |  | Basalt<br>(Feldspatbasalte)<br>D = 2,66—3,18  | Trappbasalt<br>D = 2,78—3,18   |
| Phonolith<br>D = 2,496—2,60   | Trachyphonolith<br>D = 2,50—2,64   |   |  |
| Kenyit<br>und<br>Nephelinit<br>D = 2.8—3.1  | Nephelintephrit<br>Sodalitthephrit<br>Trachydolerit<br>Trachyandesit<br>D = 2,55—2,98<br>Nephelinbasanit<br>D = 2,87—2,99<br>Atlantit<br>Hornblendebasalt.<br>Nephelinit<br>Limburgit, Augitit                                   |   |  |
| Buchonit  | Nephelinbasalt<br>Melilithbasalt<br>Polzenit<br>D = 3,01—3,15  |   |  |



### 7. Familie der Alboranite. Feld QHD.

Die einen positiven Q-Wert besitzenden Glieder dieses Magmentypus sind gewöhnlich als Andesite oder Basalte bezeichnet.

Ein hoher Anorthitgehalt begünstigt die Entstehung doleritischer Strukturen. Struktureigentümlichkeiten, die doch in erster Linie von äusseren Faktoren abhängen, sollen zur Abgrenzung der Gesteinsfamilien hier nicht verwertet werden.

Anorthitdolerite mit hohen positiven Q-Werten, wie die Laven des Merapi, Poas und Turrialba können unmöglich noch als Basalte gelten. Viele japanische Andesite sind vorherrschend derartige Anorthitgesteine. Sie stellen einen Magmentyp für sich dar, den man von den eigentlichen Andesiten abtrennen muss. Becke<sup>1)</sup> hat für derartige Gesteine, die er von der Insel Alboran beschrieben hat, den Namen „Alboranite“ verwendet. Er soll auf diese ganze Familie übertragen werden. Die Alboranite sind z. T. doleritisch entwickelte Pyroxenandesite mit positiven Q-Werten, kleinen A- und extrem hohen C-Werten.  $\frac{C}{2} > A$ . Mineralogisch sind die Plagioklase anorthitreiche Mischfeldspate, die Pyroxene z. T. rhombische Augite.

Die Mijakite, Boninite, Labradorandesite, Anorthitbasalte gehören hieher. Die Alboranite sind spezifisch schwere Magmen die nicht mit Faltungsvorgängen genetisch verknüpft zu sein brauchen. In den Alboraniten sind die sauren Glieder der arktischen Sippe zu erblicken.

Mit dieser Übersicht ist der erste Rahmen für eine quantitative Klassifikation gegeben, der weiter auszubauen sein wird.

## Gliederung des Stoffes.

Nach ihrem geologischen Auftreten, der Beschaffenheit der Laven, den charakteristischen Ausbrucherscheinungen lassen sich drei Typen von Vulkanen unterscheiden.

### 1. Der pazifische Vulkantypus.

In der Anordnung seiner Vulkane tritt das lineare Moment in den Vordergrund. Die pazifischen Vulkane begleiten in Vulkanreihen den Kontinentalrand. Auf der konvexen Seite des Bogens sind die Vortiefen vorgelagert. In ihnen sinkt der Ozean zu seinen größten Tiefen ab.

Die geförderten Laven gehören vorzugsweise den pazifischen Magmen, den Alkalikalkmagmen, an.

Die Ausbrucherscheinungen zeichnen sich durch ihren explosiven Charakter aus. Sie haben infolgedessen stärkere Verheerungen angerichtet.

<sup>1)</sup> F. Becke, Der Hypersthenandesit der Insel Alboran. T. M. P. Mitt. 18, 1899, S. 525 und T. M. P. Mitt. 19, 1900, S. 182.



92% der Menschenverluste seit 1500 entfallen nach Sapper auf Ausbrüche dieses Typus.

## 2. Der atlantische Vulkantypus.

Die Anordnung der Ausbruchspunkte ist flächenhaft. Der Typus tritt einmal auf vulkanischen Inseln auf, die sich unvermittelt aus dem Ozean erheben. Oder er ist an Grabenbrüche oder Senkungsfelder gebunden. Die Laven sind Basalte oder Eruptivgesteine der atlantischen Sippe. (Alkaligesteine.) Die Lavaförderung tritt in den Vordergrund, das explosive Moment dagegen mehr zurück.

## 3. Der arktische Typus

besteht aus Lineareruptionen grossen Maßstabes, wie sie typisch auf Island zur Entwicklung gekommen sind. Neben einzelnen Vulkanessen brechen Spalten auf. Die Laven sind basaltischer Natur.

## Literatur.

Von neueren Vulkankatalogen seien genannt:

G. Mercalli, *I Vulcani attivi della Terra*. Milano 1907. U. Hoepli. 421 Seiten.

Karl Schneider, *Die vulkanischen Erscheinungen der Erde*. Berlin 1911. Gebr. Bornträger. 272 Seiten.

Karl Sapper, *Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche*. Schriften der wissenschaftlichen Gesellschaft in Strassburg. 27. Heft. Strassburg 1917. Karl J. Trübner. 358 Seiten.

Karl Sapper, *Beiträge zur Geographie der tätigen Vulkane*. Zeitschrift für Vulkanologie 1917, III, S. 65—197. Dietrich Reimer (E. Vohsen), Berlin.

Petrographische Literatur:

Paul Niggli, *Neuere Mineralsynthesen*. Fortschritte der Mineralogie. V. Jena 1916. S. 131—172. — *Neuere Mineralsynthesen II*. — Fortschritte der Mineralogie. VI. Jena 1920. S. 35—66. — *Lehrbuch der Mineralogie*. Berlin 1920. Gebr. Bornträger. S. 472—485.

H. E. Boeke, *Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie*. Berlin 1915. Gebr. Bornträger.

O. Andersen und N. L. Bowen, *Zeitschrift f. anorg. Chemie*. 1914, 87, S. 283.

G. Tschermak, *Über die chemische Zusammensetzung tonerdehaltiger Augite*. Tscherm. Min. petr. Mitt. 32, 1914, S. 520—534.

L. Milch, *Die Systematik der Eruptivgesteine*. II. Teil. — Fortschritte der Mineralogie IV. Jena 1914. S. 175—250.

Paul Niggli, *Über magmatische Destillationsvorgänge*. Zeitschrift für Vulkanologie V. 1919, S. 61—84.

Paul Niggli, *Über Verbindungen von extrem leichtflüchtigen mit extrem schwerflüchtigen Komponenten in besonderer Berücksichtigung minerogenetischer Probleme*. N. J. f. Min. 1914, II, S. 69—99. — *Probleme der magmatischen Differentiation*. Chemie der Erde. Herausgegeben von G. Linck. I. 2. Jena 1915. S. 101—126.

Paul Niggli, *Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma*. Leipzig 1920 bei Teubner. Preisschriften der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft zu Leipzig.



W. Hommel, Grundzüge der systematischen Petrographie auf genetischer Grundlage. Berlin 1919. Gebr. Bornträger.

Analysen-Sammlungen:

1869 J. Roth, Beiträge zur Petrographie der plutonischen Gesteine. 1861—1868. Berlin 1869.

1903. H. Washington, Chemical Analyses of igneous rocks. 1884—1900. — U. S. Geol. Survey. Prof. P. 14. Washington 1903.

1917. H. Washington, Chemical Analyses of igneous rocks. 1884—1913. — U. S. Geol. Survey. Prof. P. 99. Washington 1917.

A. Osann, Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptivgesteine. Tscherm. Min. petr. Mitt. 19, 1900, S. 351. 20, 1901, S. 399. 21, 1902, S. 365 und 22, 1903, S. 323—403. — Beiträge zur chemischen Petrographie I, II, III<sub>1</sub> und III<sub>2</sub>. — Stuttgart 1905, 1916. — Petrochemische Untersuchungen I. Heidelberger Akademie d. W. 1913. — Der chemische Faktor in einer natürlichen Klassifikation der Eruptivgesteine I. Heidelberger Akademie 1919.

---



## II. Kapitel.

### Die ostasiatischen Randbögen.

#### 1. Der Kamtschatka-Kurilenbogen.

Die Halbinsel Kamtschatka besteht aus einem Mittelgebirge, das das Rückgrat der Halbinsel bildet, mit von Nordwesten nach Südosten streichenden Tonschiefern, Phylliten und Granatgneissen. Die Schiefer sind paläozoisch, wahrscheinlich jünger als Oberdevon. Die Tonschiefer werden von granitischen Massiven durchbrochen, die kaum älter als mittlerer Jura sein dürften, wie im Dshugdshurgebirge an der Westküste des Ochotskischen Meeres.

Auf beiden Flanken des Mittelgebirges erscheinen ferner jüngere metamorphosierte Ablagerungen aus Arkosesandsteinen, schiefrigen Sandsteinen, Adinolen, Diabastuffen, Diabasen und ähnlichen Eruptivgesteinen unbekannten Alters. Andere nicht metamorphosierte Diabase und Porphyrite stellt Bogdanowitsch in das jüngere Mesozoikum. Marines Pliozän ist auf der Ost- und Westküste zu finden, daneben aber auch terrestrisches Pliozän mit Braunkohle, ein Beweis, dass die Halbinsel im Pliozän in ihren Grundzügen bereits bestanden hat.

Im Pliozän begann die vulkanische Tätigkeit. Die Vulkanessen Kamtschatkas ordnen sich in zwei Zonen an, einer westlichen und einer östlichen. Die westliche folgt dem Mittelgebirge, unter ihren Fördermassen ist die Cordillere zum grössten Teil begraben. Sie ist die ältere und heute erloschen. Thermen sind die letzten Überreste der einstigen Tätigkeit. Die Berge sind der Erosion bereits stärker zum Opfer gefallen.

Von Norden nach Süden gezählt, gehören folgende Vulkane dieser Zone an: Alngei; Ainelkan; Schischel (Sissel); Leutongeï (Baidarenkrater); Krasnaja-Ssopka; die Vulkangruppen des Quellgebiets des Tigil; Bjelyi-Chrebet; Naschakondscha; Kaiketepana; Ketepana, der Sommayvulkan Anaun 997 m (Bogdanowitsch und Leliakin); der Vulkanriese Choachen<sup>1)</sup> (Itscha-Vulkan, Bielaja Ssopka, Achlan, Uachlar) 3050 m (Bogdanowitsch und Leliakin), ein Domberg aus kompakter Lava mit Sommaumrandung, ferner Changar 1190 m (Bogdanowitsch und Leliakin), ein Berg von Typus des Quilindaña (vgl. I, S. 500, Fig. 172); die Kamtschatka-Höhen (Kamtschatkija Werschiny) mit einem Kratersee in 872 m Höhe; der

<sup>1)</sup> Die Verlängerung des Aleutenbögen trifft das Mittelgebirge nach v. Richtofen in diesem Vulkan.



Apatscha (Ssopka Opala, Opalnaja, Apalskaja, Opalinskaja, Pic Koloschef) 2095 m (Bogdanowitsch und Leliakin), ein hoher gerippter Vulkan, der noch Spuren einer solfatarischen Tätigkeit zeigt. Er soll im 17. Jahrhundert noch tätig gewesen sein. Ob das richtig ist, erscheint nicht verbürgt. Endlich noch Golygina und Wine (Wyne).

In der Anordnung der Eruptionspunkte dieser Zone des Mittelgebirges fehlt das lineare Element. Mag auch die Tätigkeit noch bis in die geologische Gegenwart hereingereicht haben, so hat sie im wesentlichen doch im Quartär ihren Abschluss gefunden.

Die nördlichen Teile dieser Zone sind jünger als die südlichen.

Der Vulkanismus ist also von Süden nach Norden gewandert.

Die Hauptverlegung der vulkanischen Tätigkeit erfolgte gegen das Meer. Die zweite, östliche Zone, oder der Kljutschewskaja-Bogen, wie dieser Bogen nach dem Hauptvulkan genannt werden soll, ist der heutige Sitz der vulkanischen Tätigkeit.

Der Bogen zählt 9 aktive Zentren, die in den letzten beiden Jahrhunderten Ausbrüche gemacht haben, und ausserdem eine Zahl von Bergen, die sich im Solfatarenzustand zeitweilig befinden und nicht sicher als erloschen zu gelten haben. Die Reihendichte ist nach Sapper 1:0,80.

Die Aufzählung der Vulkane erfolgt wieder von Norden nach Süden.

Der Schiweljutsch 3206 m (Bogdanowitsch und Leliakin) eine zweigipflige Andesitmasse, Übergang vom Bergrücken zum Kegelberg. Bogdanowitsch hält ihn für ein flachgebogenes Randstück einer gewaltigen Kuppel, die im Südosten eingebrochen ist. Schon Ermann war das Fehlen geflossener Lavaströme aufgefallen. Der Berg löste im Februar 1854 die Kljutschewskaja Ssopka ab.

Es folgt der grösste und tätigste Vulkan des Bogens, die Kljutschewskaja Ssopka (Kamtschatka-Vulkan, Kamtschatkaja Ssopka) 4916 m (Bogdanowitsch und Leliakin). Auf einer flach glockenförmigen Landauftreibung erheben sich einzelne Kuppen und Kegel, so im Westen der Uschkinsker Vulkan (Ssopka Ploskaja) 3871 m (Bogdanowitsch und Leliakin); in der Mitte der Krestofsker Vulkan (Ssopka Ssrednaja Ermann) 2936 m (Bogdanowitsch und Leliakin); am Südrand die Ssopka Simina und endlich die Kljutschewskaja, das heutige aktive Zentrum des ganzen Bogens, das zeitweilig ununterbrochen tätig ist und gewaltige Aschen- und Lavamassen gefördert hat.

Dieser Vulkan hat im Jahre 1829 eine der grössten Lavaförderungen der historischen Zeit zuwege gebracht. Sapper veranschlagt sie auf  $3\frac{2}{3}$  cbkm. Das Lavafeld entsprang in 4500 m Höhe. Der Strom in einer Breite von 162 m und 1,6 m Mächtigkeit erreichte eine Flussgeschwindigkeit von 32,5 m in der Sekunde, muss also extrem dünnflüssig gewesen sein.



## Die Tätigkeit des Kamtschatkabogens.

|   | Kljutschewskaja Ssopka  | Awatscha   | Tolbatscha                                       | Grosser Ssemjatschik                                  | Kleiner Ssemjatschik | Schwiweljutsch Mutnowskaja (Ss. Assatscha)                  | Korjaka |
|---|---|--|--|---|----------------------|---|---------|
| 1727—1731<br>1737   | Lavastöine<br>6. X. bis 4. XI. Lava und Asche   | 17. X. Lava,<br>Gletscherlauf<br>Aschenausbr.<br>Flut  |  |   |                      |   |         |
| 1738<br>1739<br>1740<br>1762<br>1767<br>1772—1773<br>1779   | Überflutung<br>Ausbruch<br>Ausbruch<br>Asche bis 300 km weit, Überflutungen<br>Leichter Ausbruch<br>Lavakuppel  |  | Ausbruch   |   |                      |   |         |
| 1787—1788<br>1789<br>1790<br>1795—1807<br>1810<br>1812<br>1813<br>1819<br>1821<br>1825—1826<br>1827 | Asche und Sand bis 100 km<br>i. XII. Aschenausbruch<br>Sand, Lava, Jan. bis Febr.<br>Ausbrüche<br>Ausbrüche<br>Aschenausbruch<br>Aschenausbruch<br>} Tätigkeit            | Ausbr. 72 od. 73<br>Aschenausbr.<br>Ausbruch   | Aschenausbr.<br>erh. Tätigkeit<br>erh. Tätigkeit | Plin. Eruption  |                      |   |         |
| 1828<br>1829  | Historisch grösster Lavaausbruch<br>3 <sup>2</sup> / <sub>5</sub> cdkm, Ursprung in 4100 m, Fluss-<br>geschw. 32,5 m in der Sek., Asche<br>Ausbruch<br>Tätig.<br>Ausbruch | Aschenausbr.<br>Plin. Exp.<br>Wolke bis<br>3300 m hoch,<br>17. IV. Aschen-<br>ausbruch<br>(Gletscherlauf |  |   |                      | Ausbruch?   |         |
| 1841<br>1843<br>1848<br>1851<br>1852<br>1853<br>1854  |   | Ausbruch   | Ausbruch<br>Tätig                                | Aschenausbr.<br>Asche bis<br>Werschno-<br>Kamtschatks | Tätigkeit            | Gipfeleinst.<br>Tätigkeit<br>Tätigkeit                      |         |
| 1855<br>1895<br>1896<br>1897<br>1898<br>1902<br>1907  | Lavaausbruch in grossem Umfang<br>Ausbruch bis 17. II., bis Schiwe-<br>ljutsch einsetzt.<br><br>Ausbruch<br>12.—14. XI. Aschenausbruch<br>20. II. Aschenausbruch          | Ausbruch<br>Ausbruch<br>Ausbruch<br><br>7.—22. VII.<br>Asche u. Lava                                     |  | Aschenausbr. 17. II. vulkani-<br>sche Eruption        | Tätigkeit            | Ausbruch<br><br>27.—29. III.<br>Asche bis Pe-<br>tropawlosk |         |



Weiter folgt der Grosse Tolbatscha (Ssopka Bol Tolbatschik) 2534 m (Bogdanowitsch und Leliakin); der Kleine Tolbatscha (Ssopka Mali Tolbatschik) der Kunzekla (Ssopka Kuntschokla), der sich noch im Solfatarenzustand befindet; der Tschapina (Ssopka Tschapinsk); Unana; Taunschitz; Kisimen, der 1825 und um 1850 in solfatarischer Tätigkeit war; Hamtschen (Ssopka Gamtschen); der berippte Kegel des Kronozker 3332 m (Bogdanowitsch und Leliakin); Uson; Kichpinytsch noch solfatarisch tätig.

Es folgt nun der Grosse Ssemjatschik (Ssopka Bol Ssemjatschik), ein noch tätiger Berg. Bei seinem Ausbruch 1851 wurde die Asche bis Werschne Kamtschatsk verweht; der Kleine Ssemjatschik (Ssopka Mali Ssemjatschik.) Die Vulkanruine des Bakkening fällt aus der Reihe heraus und stellt die Verbindung mit der Westzone her.

Der Bogen setzt sich fort im Vulkan Shupanof (Ssopka Shupanowa) 2700 m (Bogdanowitsch und Leliakin), solfatarisch tätig.

Korjaka (Strelotschnaja Ssopka) 3512 m (Bogdanowitsch und Leliakin) ein Strebepfeiler-Berg (vgl. I, S. 499), dieser Vulkan ist ein Sommaberg mit sehr regelmässigem Kegel. Er ist noch tätig.

Awatscha (Gorelaja Ssopka) 2660 m (Bogdanowitsch und Leliakin), ein doppelter Somnavulkan. Der Berg Kosel ist ein Teil der ersten Somma. Der eigentliche Awatschakegel steht exzentrisch gegen Nordwesten und endigt in einem zweiten Krater aus dem sich der jüngste Kegel erhebt.

Im Bau des Awatschavulkan beteiligen sich Lockerprodukte in sehr viel grösserem Maßstab als sonst bei den Vulkanen Kamtschatkas. Der Vulkan steht an zweiter Stelle unter den tätigen Vulkanen des Bogens.

Ssopka Wiluitschik (Wiljutchinsker Vulkan) 2151 m, ein Berg vom Chimborazotypus. Mutnowskaja Ssopka (Pewerotnaja Ssopka) 2417 m (Bogdanowitsch und Leliakin), der Berg ist noch tätig. Er und der nächste Vulkan Assatscha verfliessen in ihrem Unterbau ineinander. Es lässt sich schwer feststellen von welchem der beiden Vulkane die Aschen herrühren, die aus dieser Gegend sicher stammen.

Ssopka Chodutka; Ksudatsch; Ssopka Ilinsk (Iljina, Osernaja) 854 m (Bogdanowitsch und Leliakin); Tschaotsch; Ssopka Kambalinaja (Koschelewa) 1615 m (Bogdanowitsch und Leliakin) und Utaschut. Von diesen südlichen Vulkanen stehen Ksudatsch, Tschaotsch und Utaschut noch im Zeichen solfatarischer Tätigkeit.

ber die Tätigkeit des Bogens gibt die Zusammenstellung Seite 91 Auskunft.

Die Anordnung der Vulkane ist wie Bogdanowitsch betont keine lineare, sondern in Gruppen mit einer ringförmigen Anordnung der Essen. Eine solche Ringgruppe ist die Gruppe Uschinsker, Krestofsker,



Kljutschewskaja, grosser und kleiner Tolbatscha-Vulkan. Eine weitere Ringgruppe umschliesst den Kronotzker See. Die beiden Semjatschik, Bakkening, Korjaka, Shupanof und Awatscha umschliessen einen weiteren Ring. In Kesselbrüchen geht das Land zur Tiefe. Auf den Rändern sitzen mit Vorliebe die aktiven Essen.

Gegen Süden setzt sich der Kamtschatkabogen in den Kurilenbogen ohne Unterbrechung fort. Nicht bekannt ist seine Fortsetzung nach Norden.

Jankowsky fand unter 58 Grad nördl. Br. an der Küste zwischen Chorotka und Natschika saure Eruptivgesteine und zwar Dazit und trachytische Gesteine (quarzarme Comendite), ferner noch sehr viel weiter nach Norden, in der Bucht des Heiligen Kreuzes, nördlich der Anadyrmündung Andesit, die den heutigen Laven des Kamtschatkabogens durchaus entsprechen. Wenn überhaupt eine Verbindung besteht, so kann es sich nur um die Fortsetzung der Westzone handeln.

### Entwicklungsgeschichte des Vulkanbogens.

Es sind in unserem Gebiet drei Eruptionsperioden zu unterscheiden:

#### I. Eruptionsperiode.

Im Pliozän begann die vulkanische Tätigkeit mit der Bildung der Sommaberger und Sockel der Vulkane des Mittelgebirges. In diese Zeit fällt die Bildung der Somma des Ainelkan, Choachen, Anaun, Schischel u. a. Die geförderten Laven sind basische, leichtflüssige Andesite, Typus Anaun. (Analysen 1—2.) Die Vulkanbauten fliessen ineinander und lieferten flache Schildvulkane, aber auch schon Domberge und Kegelberge.

Das Pliozän schliesst mit einer von Nordwesten nach Südwesten streichenden Faltung ab. Die Aussprengung der Calderen leitet die nächste Periode ein.

#### II. Eruptionsperiode.

Im Quartär (Pleistozän) sind vorzugsweise saure Andesite, Dazite, Liparite (Typus-Choachen) zur Eruption gelangt. Dementsprechend nehmen die vulkanischen Bauten andere Formen an. Die zähflüssige Lava türmt sich zu Staumassen, Domen und Staukegeln auf. Die zentralen Dome und Kegel des Mittelgebirges bildeten sich, der Zentralkegel des Choachen, Ainelkan, Bjelyi Chrebet und andere entstanden.

Zur selben Zeit rückte der Vulkanismus gegen das Meer vor und schuf die Sommaberger der Ostzone. Das Ochotskische Meer ist ein von Andesiten und sauren Eruptivgesteinen eingerahmter Einbruch.

Im Pleistozän fanden abermals Störungen und Krustenbewegungen statt, die z. B. die Kommandorskije-Inseln abtrennten. Diese Dislokationen belebten die vulkanische Tätigkeit von neuem. Es setzt ein die:



## Laven des Kamtschatkabogens.

Gewichtsprocente.

|                                    | 1      | 2     | 3     | 4      | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11     | 12     | 13     | 14    | 15    | 16     | 17    | 18    | 19     | 20    | 21    |
|------------------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .             | 54,90  | 52,86 | 62,80 | 65,52  | 72,74 | 61,92 | 57,32 | 55,22 | 50,40 | 55,06 | 54,80  | 56,63  | 55,56  | 57,98 | 53,49 | 48,48  | 72,60 | 59,20 | 67,07  | 61,89 | 75,36 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 20,23  | 18,25 | 20,42 | 17,17  | 15,64 | 14,10 | 19,79 | 21,68 | 19,84 | 22,88 | 22,31  | 18,21  | 17,34  | 18,57 | 15,03 | 19,19  | 10,64 | 15,20 | 12,68  | 12,25 | 14,21 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 3,42   | 6,61  | 3,99  | 4,16   | 1,82  | —     | 5,33  | 4,16  | 5,97  | 4,20  | 2,47   | 8,67   | 7,10   | 1,92  | 9,76  | 4,29   | 4,38  | 7,63  | 6,07   | 9,63  | 0,13  |
| FeO . . .                          | 5,26   | 3,39  | 0,45  | 0,12   | 0,18  | 6,22  | 1,52  | —     | 3,16  | —     | 4,33   | —      | —      | 5,40  | —     | 3,62   | —     | —     | —      | —     | —     |
| MnO . .                            | 0,18   | 0,16  | 0,17  | 0,13   | Sp.   | 0,20  | Sp.   | —     | Sp.   | —     | Sp.    | —      | —      | —     | —     | Sp.    | —     | —     | —      | —     | —     |
| MgO . .                            | 3,11   | 4,72  | 1,86  | 1,18   | 0,55  | 5,27  | 3,48  | 2,78  | 3,82  | 3,62  | 3,28   | 3,03   | 6,42   | 2,67  | 2,90  | 7,39   | 0,40  | 1,93  | 0,53   | 0,80  | —     |
| CaO . .                            | 6,24   | 9,58  | 4,04  | 3,52   | 1,86  | 6,03  | 6,82  | 6,28  | 8,56  | 8,56  | 7,08   | 8,06   | 5,54   | 8,18  | 6,75  | 8,94   | 0,98  | 5,07  | 2,18   | 2,35  | 0,84  |
| Na <sub>2</sub> O . .              | 4,86   | 3,24  | 3,78  | 3,32   | 3,87  | 4,88  | 3,51  | 3,66  | 3,15  | 4,03  | 4,47   | 4,97   | 5,23   | 3,93  | 3,84  | 3,06   | 2,70  | 2,90  | 5,23   | 4,40  | 4,79  |
| K <sub>2</sub> O . . .             | 1,44   | 0,69  | 1,82  | 2,23   | 2,61  | 0,61  | 1,26  | 1,64  | 1,08  | 0,72  | 1,03   | 0,77   | 1,53   | 0,92  | 0,68  | 0,89   | 4,66  | 1,46  | 4,05   | 4,91  | 2,72  |
| H <sub>2</sub> O . . .             | 0,54   | 0,24  | 0,52  | 2,66   | 0,44  | —     | 0,56  | 4,37  | 3,52  | 0,77  | 0,30   | 1,04   | 2,30   | 0,29  | 5,75  | 4,19   | 2,82  | 5,43  | 2,34   | 2,61  | 1,09  |
| Sa. . . .                          | 100,18 | 99,74 | 99,55 | 100,01 | 99,71 | 99,23 | 99,59 | 99,79 | 99,50 | 99,84 | 100,07 | 101,38 | 101,02 | 99,87 | 98,20 | 100,90 | 99,18 | 98,83 | 100,15 | 98,94 | 99,14 |

Spez.

Gewicht

2,71

2,72

2,5

2,85

Molekularprocente.

|                                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .             | 61,32 | 58,99 | 70,75 | 74,82 | 79,94 | 65,15 | 64,45 | 63,54 | 58,90 | 60,75 | 61,03 | 61,34 | 59,94 | 63,52 | 62,65 | 54,73 | 81,23 | 68,90 | 74,81 | 70,80 | 82,79 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 13,29 | 11,98 | 13,54 | 11,53 | 10,11 | 8,73  | 13,09 | 14,66 | 13,64 | 14,55 | 14,55 | 11,60 | 11,00 | 11,97 | 10,36 | 12,74 | 7,00  | 10,40 | 8,32  | 8,24  | 9,18  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 1,43  | 2,77  | 1,68  | 1,78  | 0,75  | —     | 2,24  | —     | 2,62  | —     | 1,02  | —     | —     | 0,79  | —     | 1,82  | —     | —     | 0,21  | 0,21  | 0,06  |
| FeO . . .                          | 5,06  | 3,31  | 0,58  | 0,25  | 0,16  | 5,63  | 1,43  | 3,99  | 3,08  | 3,48  | 4,00  | 7,04  | 5,74  | 4,98  | 8,57  | 3,41  | 3,67  | 6,66  | 4,64  | 8,05  | —     |
| MgO . .                            | 5,21  | 7,89  | 3,13  | 2,01  | 0,90  | 8,31  | 5,86  | 4,80  | 6,70  | 5,99  | 5,46  | 4,92  | 10,39 | 4,38  | 5,10  | 12,51 | 0,67  | 3,37  | 0,88  | 1,37  | —     |
| CaO . . .                          | 7,47  | 11,07 | 4,88  | 4,31  | 2,19  | 6,80  | 8,22  | 7,74  | 10,72 | 10,12 | 8,42  | 9,35  | 6,40  | 9,60  | 8,47  | 10,81 | 1,18  | 6,32  | 2,60  | 2,88  | 0,99  |
| Na <sub>2</sub> O . .              | 5,25  | 3,50  | 4,13  | 3,67  | 4,12  | 4,97  | 3,81  | 4,07  | 3,56  | 4,30  | 4,80  | 5,22  | 5,46  | 4,17  | 4,35  | 3,34  | 2,92  | 3,27  | 5,65  | 4,87  | 5,08  |
| K <sub>2</sub> O . . .             | 0,97  | 0,49  | 1,31  | 1,63  | 1,83  | 0,41  | 0,90  | 1,20  | 0,78  | 0,51  | 0,72  | 0,53  | 1,07  | 0,64  | 0,50  | 0,64  | 3,33  | 1,08  | 2,89  | 3,58  | 1,90  |



## Laven des Kamtschatkabogens.

| Nr. | Name                         | Mag-<br>ma | Ort   | Lagerung   | Mineral. Zus.         | L     | M     | Q     | A    | C     | Or   | Ab   | An           | Analytiker    |               |
|-----|------------------------------|------------|---|--|-----------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|--------------|---------------|---------------|
| 1   | Andesit                      | IV a 7     | Ostseite Somma des Choachen<br>Kegel des Anan | I. Eruptiv-<br>periode<br>Pliozän                          | Plag. Aug. Hy. Ol.    | 78,04 | 21,34 | 0,62  | 6,22 | 7,07  | 10,2 | 54,1 | 35,7         | Bogdanowitsch |               |
| 2   | "                            | IV a 7     |   |  | Plag. Aug. Hy.        | 63,88 | 28,56 | 7,56  | 3,99 | 7,99  | 6,3  | 43,7 | 50,0         | "             |               |
| 3   | Hornblendeandesit            | IV a 7     | Ostseite Dom des Choachen                     | II. Eruptiv-<br>periode                                    | Plag. Ho. Aug.        | 66,26 | 8,52  | 25,22 | 5,44 | 4,88  | 17,6 | 52,6 | 30,8         | Bogdanowitsch |               |
| 4   | (Glimmerdazit),<br>Liparit   | IV a 9     |   |  | Q. Bi. Aug. Plag.     | 61,56 | 6,05  | 32,39 | 5,30 | 4,31  | 21,1 | 50,0 | 28,9         | "             |               |
| 5   | Glimmerdazit                 | III 8      | Tal d. Paratunka, Wiluttschik                 | Pleistozän   | Q. Bi. Plag.          | 58,33 | 2,71  | 38,96 | 5,95 | 2,19  | 25,7 | 58,6 | 15,7         | "             |               |
| 6   | Glimmerandesit               | IV a       | Schweljutsch                                  |  | Plag. Ho. Bi.         | 56,44 | 34,78 | 8,78  | 5,88 | 3,35  | 5,6  | 70,4 | 24,0         | Abich         |               |
| 7   | Augitandesit,<br>schwarz     | IV a 7     | Sopka Korjaka bei 2996 m                      | III. Eruptiv-<br>periode<br>Pleistozän<br>bis<br>Gegenwart | Plag. Aug.            | 70,72 | 15,39 | 13,89 | 4,71 | 8,22  | 10,2 | 43,2 | 46,6         | Bogdanowitsch |               |
| 8   | Hypersthenandesit            | IV a 7     | Bucht d. hl. Kreuzes N. Anadyr                |  | Plag. Hy.             | 73,12 | 18,23 | 7,05  | 5,27 | 7,34  | 13,5 | 46,1 | 40,4         | W. Jankowsky  |               |
| 9   | Augitandesit                 | IV 7       | Kap Oksyn                                     | Pleistozän<br>bis<br>Gegenwart                             | Plag. Aug.            | 71,92 | 22,40 | 5,68  | 4,34 | 9,30  | 8,9  | 40,0 | 51,1         | Bogdanowitsch |               |
| 10  | Hypersthenandesit            | IV 7       | Fuss des Kljutschewsk                         |  | Plag. Hy.             | 78,64 | 19,10 | 2,26  | 4,81 | 10,04 | 5,1  | 43,9 | 51,0         | W. Jankowsky  |               |
| 11  | Augitandesit,<br>schwarz     | IV a 7     | Kljutschewskoje, R. Ur. d. Kant.              | Pleistozän   | Plag. Aug.            | 78,45 | 18,92 | 2,63  | 5,52 | 8,42  | 7,3  | 49,4 | 43,3         | Bogdanowitsch |               |
| 12  | Augitvitroandesit            | IV a 5     | Vulkan Awatscha                               |  | Plag. Aug.            | 69,40 | 30,92 | —     | 0,32 | 5,75  | 5,85 | 5,8  | 60,5         | 33,7          | W. Jankowsky  |
| 13  | Augitandesit                 | IV a 5     | Bu. d. hl. Kreuz. N. Anadyrmünd.              | 28.—29. III. 07  | Plag. Aug.            | 70,12 | 36,12 | —     | 6,24 | 6,53  | 4,47 | 12,5 | 62,5         | 25,0          | "             |
| 14  | Andesit. Vulk. Sand          | IV a 7     | V. Assatscha, von Petropaulansk               |  | Plag. Hy. Aug.        | 67,12 | 23,50 | 9,38  | 4,81 | 7,16  | 7,1  | 50,0 | 42,9         | Karpinsky     |               |
| 15  | Hypersthenandesit            | IV a 7     | Vulkan Awatscha                               | Pleistozän   | Plag. Hy.             | 60,84 | 33,26 | 5,90  | 4,85 | 5,51  | 6,5  | 57,1 | 36,4         | W. Jankowsky  |               |
| 16  | Dolerit (Trappbas.)          | IV 5       | Schlotti, Stromenge des Tigil                 |  | Plag. Aug. Zeol. Chl. | 66,88 | 35,94 | —     | 2,82 | 3,98  | 8,76 | 7,2  | 38,6         | 54,2          | Bogdanowitsch |
| 17  | Liparit                      | I 8        | Bucht d. hl. Kreuzes, N. Anadyr               | Z. Choratkau. Natschika 58° n. B.                          | 53,00                 | 9,54  | 37,46 | 6,25  | 7,75 | 50,0  | 44,0 | 6,0  | W. Jankowsky | "             |               |
| 18  | (Dazit) Andesit              | IV a 7     | Z. Choratkau. Natschika 58° n. B.             |  | 59,00                 | 20,60 | 20,40 | 4,35  | 6,05 | 14,8  | 44,6 | 40,6 | "            | "             |               |
| 19  | (Dazit) Comendit-<br>trachyt | II 6       | Z. Choratkau. Natschika 58° n. B.             | Aggrin!  | 66,56                 | 17,54 | 15,90 | 8,54  | —    | 0,22  | 35,0 | 65,0 | —            | "             |               |
| 20  | Trachytischer Taxit          | II 6       | Bucht d. hl. Kreuzes, N. Anadyr               |  | Aggrin!               | 65,92 | 25,65 | 8,43  | 8,25 | —     | 0,21 | 42,4 | 57,6         | —             | "             |
| 21  | Obsidian.                    | III 8      | Marekanka, Ochotsk. Meer, Sib.                | Aggrin!  | 59,80                 | 1,27  | 38,93 | 6,98  | 0,99 | 24,6  | 62,4 | 13,0 | —            | Wenjukoff     |               |
|     | Marekanakit                  |            |   |  |                       |       |       |       |      |       |      |      |              |               |               |

Literatur: 1–5, 7, 9, 11 Bogdanowitsch, Petermanns Mitteilungen 50, 1914, S. 19, 122, 98, 123, 196, 173. 6. Abich, Vulkanische Erscheinungen, 1841, S. 106, 8, 10, 12, 13. W. Jankowsky, Travaux Soc. Naturalistes. St. Petersburg. Sect. Geol. et Min., 23, 1895, S. 64, 14. A. Karpinsky, Bull. Ak. Imp., d. Sc., St. Petersburg, 1906, 2, S. 428–432. 15, 17, 18, 19, 20. W. Jankowsky, Travaux Soc. Naturalistes, St. Petersburg. Sect. Geol. et Min., 23, 1895, S. 64, 16. Bogdanowitsch, Petermanns, Mitteilungen 1904, 50, S. 98. 21. Osann, II, Nr. 1330.



## Chronologische Übersicht der vulkanischen Ereignisse Kamtschatkas.

|                       | Alter                            | Vorgänge  | Vulkanische Formen   |
|-----------------------|----------------------------------|---|--|
| III. Eruptionsperiode | (gegenwart                       | Eingeengte Tätigkeit der Ostzone.<br>Kljutschewskaja, Awatscha, Tolbatscha,<br>Mutnowskaja, Grosser und Kleiner<br>Ssemjatschik, Schiweljutsch, Assatscha<br>Korjaka. | Flankeneruptionen und Aschenaus-<br>brüche.<br><br>Basische Andesite und Basalte.<br>Typus Kljutschewsk. |
|                       | Quartär<br>Maximum der Vereisung | Bildung zahlreicher Zentralkegel des<br>Ostbogens.<br>Letzte Laven des Mittelgebirgsbogens.<br>Basalt. Lineareruption am Tigil.                                       | Vulkanische Dome und Kegelberge.<br><br>Andesite.  |
|                       | Pleistozäne Dislo-<br>kationen   |   |  |
| II. Eruptionsperiode  | Quartär                          | Bildung der Sommaumwallung vieler<br>Vulkane der Ostzone.   | Stannmassen zähflüssiger Laven, Dome,<br>Staukegel innerhalb oder auf dem Rande<br>der Calderen.         |
|                       | Pliozäne<br>Faltung NO—SW.       | Bildung der Zentralkegel und -Dome<br>der Mittelgebirgszone.  | Saure Andesite, Dazite, Liparite.<br>Typus Chaochen und Schiweljutsch.                                   |
| I. Eruptionsperiode   |                                  |   | Schildvulkane, Domberge und Kegel.   |
|                       | Pliozän                          | Aussprengung der Calderen.<br>Bildung der Somnaberge und Vulkan-<br>sockel des Mittelgebirges.  | Basische Andesite. Typus Anann.  |



### III. Eruptionsperiode.

Das Magma wird wieder basischer und ist ein basischer Andesit (Typus Kljutschewsk) oder gar Basalt. Im Flussgebiet des Tigil kommen Lineareruptionen (Spalteneruption) eines arktischen Trappbasalts zum Ausbruch, die eine besondere Stellung haben. In diesen Basalten stecken saure Gesteine als Lakkolithen. Das Maximum der quartären Vereisung tritt in diesem Gebiet etwas später als in Europa ein. Die letzten Laven der Mittelgebirgsvulkane Ainelkan, Leutongei fallen in diese Zeit.

Die vulkanischen Zentralbauten der Ostzone sind in der gleichen Zeit gebildet worden. Damals erreichten die vulkanischen Äusserungen den Höhepunkt. Dome und Kegelberge sind die Bauten. Neben Lockerprodukten spielen auch Lavaströme eine grössere Rolle. Die gegenwärtige Tätigkeit ist bereits eingengt. Das eigentliche aktive Zentrum ist die Kljutschewskaja Ssopka, in zweiter Linie der Awatscha. Flankeneruptionen und Explosivausbrüche sind die charakteristischen Erscheinungen.

Die Laven Kamtschatkas sind Kalknatronmagmen und in der vorhergehenden Tabelle zusammengestellt.

### Der Kurilenbogen und sein Ende in Hokkaido.

Die Fortsetzung der östlichen Kamtschatkavulkanzone ist der Kurilenbogen (Chischima Vulkanzone).

Wie die Perlen einer Kette aneinandergereiht folgt Vulkaninsel auf Vulkaninsel. Bis Chirinkotan ist der Bogen doppelreihig. Vor seiner Stirnseite fällt der Meeresgrund bis — 8514 m ab. Der Bogen tritt in Hokkaido ein. Als fremdartiges, jüngerer Strukturelement durchsetzt er die grosse Insel in diagonalen Richtung, die Strukturlinien des Untergrundes, die dem Streichen der Insel Sachalin folgen, schräg schneidend.

Die Vulkane steigen aus einem 2000—3000 m tiefen Meere empor. Der Untergrund ist daher verhüllt und tritt nur auf Hokkaido und den drei letzten Inseln, Urup, Yetorup und Kunashir, zutage.

Abgesehen von dem westlichen Anhängsel, das geologisch zu Honshû gehört, streicht vom Cap Soya diagonal über die grosse rautenförmige Insel eine gegen Osten überstürzte, gefaltete Zone mittlerer Kreide, die Fortsetzung von Sachalin. Weiter nach Osten folgt die gefaltete paläozoische Hitakazone. Sie besteht aus präkambrischen Amphiboliten, Chlorit-schiefern und Phylliten und den jungpaläozoischen Chichibuschichten (Karbon, Perm), die aus Radiolariantuffen, Schalsteinen und Phylliten bestehen. In diesen Chichibuschichten treten Granit- und Dioritnassive auf, die also wenigstens mesozoisch sind. Von Kap Nemuro streicht eine äussere Kreidezone, miozäne Pflanzen- und Süsswasserschichten, ferner marines Pliozän mit Tuffen und Breccien bis nach Kunashir.



## Ausbruchsthätigkeit der Kurilenvulkane.

|      | Paramushir                     |                   |  | Masakari yama |   | Karimkotan | Shiaskotan            | Matau                   |                   | Ketoy                          | Shimushir V. Milne                      | Chirinojima Rebumsiridake               | Myoro-dake           | Yetorup             |
|------|--------------------------------|-------------------|--|---------------|---|------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|---|---|----------------------|---------------------|
|      | Aldaid                         | Fuss Peak         |  |               |   |            |                       | Raikoke                 | V. Sarnicheff     |                                |   |   |                      |                     |
| 1737 | —                              | Ausbruch          |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1740 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1742 | —                              | Ausbruch          |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1770 | Kleiner Ausbruch               | —                 |  | —             | — | —          | —                     | { Heftiger Ausbr. 8. L. | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1778 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | { Heftiger Ausbruch     | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1780 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1789 | Zeitweilig rauchend            | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1793 | Heftiger Ausbruch im Febr.     | Ausbruch          |  | —             | — | —          | —                     | —                       | { 29. V. Ausbruch | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1805 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1821 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1828 | { Heftig                       | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1829 | { rauchend                     | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1839 | Dampf ausstossend              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1843 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1848 | Einsturz der Spitze des Kegels | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | { Heftiger Ausbruch VII.-VIII. | { Heftiger Ausbruch Verwüstung d. Insel | —                                       | —                    | { Grössere Eruption |
| 1849 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1853 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1854 | Aschenruption 27. VI.          | Tätig 10.—12. VI. |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | { Ausbruch 24. VI., 29. VII.            | —                    | —                   |
| 1855 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | Ausbruch              | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1856 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1857 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1859 | —                              | Rauchend          |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1878 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | { Spuren d. Tätigkeit | —                       | { Winter tätig    | —                              | —                                       | { Explosiver Ausbruch des North Brother | —                    | Tätig?              |
| 1879 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | { Lava            | —                              | —                                       | { V.-VI. Ausbruch                       | { Stark dampfend     | Tätig?              |
| 1881 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |
| 1883 | —                              | —                 |  | —             | — | —          | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | { Grösserer Ausbruch | —                   |
| 1886 | —                              | —                 |  | —             | — | Ausbruch   | —                     | —                       | —                 | —                              | —                                       | —                                       | —                    | —                   |



## Die Laven der Kurilenvulkane.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1      | 2     | 3      |
|--------------------------------|--------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 49,89  | 57,66 | 69,64  |
| TiO <sub>2</sub>               | —      | —     | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —      | —     | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20,01  | 18,15 | 16,16  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,75   | 2,02  | 1,39   |
| FeO                            | 9,16   | 6,01  | 2,74   |
| MnO                            | —      | —     | —      |
| MgO                            | 3,58   | 2,06  | 0,59   |
| CaO                            | 10,45  | 7,97  | 4,33   |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,17   | 3,86  | 4,64   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,42   | 0,48  | 0,50   |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,80   | 1,46  | 1,64   |
|                                | 100,23 | 99,67 | 101,63 |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1      | 2      | 3      |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 54,98  | 64,20  | 75,47  |
| TiO <sub>2</sub>               | —      | —      | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —      | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,95  | 11,89  | 10,30  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,72   | 0,87   | 0,57   |
| FeO                            | 8,39   | 5,54   | 2,48   |
| MnO                            | —      | —      | —      |
| MgO                            | 5,91   | 3,47   | 0,96   |
| CaO                            | 12,32  | 9,55   | 5,01   |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,44   | 4,14   | 4,87   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,29   | 0,34   | 0,34   |
|                                | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Nr.       | Magma | Ort                    | Lagerung     | Min. Zusammensetz. | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | Analytiker |          |
|-----------|-------|------------------------|--------------|--------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------------|----------|
| 1 Basalt  | IVa5  | Naiho, Etrof, Chishima |              |                    | 70,72 | 36,80 | —     | 7,52 | 4,73 | 8,22 | 3,4  | 50,0 | 46,6       | Takamine |
| 2 Andesit | IVa7  | Kunashiri, Chishima    |              |                    | 65,48 | 22,30 | 12,22 | 4,88 | 7,41 | 3,7  | 50,6 | 45,7 | Takamine   |          |
| 3 Dazit   | IVa9  | Zaimokuwa, Kunashiri   | Pleistozän ? |                    | 61,80 | 6,88  | 31,32 | 5,21 | 5,01 | 4,0  | 63,6 | 32,4 | t=0,08     | Takamine |

L i t e r a t u r : Nr. 1 : B. Geol. Soc. Jap. 1885. Washington II, S. 1039. — Nr. 2 : Pr. Geol. Soc. Jap. 1884. Washington II, S. 405.  
Nr. 3 : Pr. Geol. Soc. Jap. 1885. Washington II, S. 983.

Literatur: Nr. 1: B. Geol. Soc. Jap. 1885. Washington II, S. 1039. — Nr. 2: Pr. Geol. Soc. Jap. 1884. Washington II, S. 405.  
Nr. 3: Pr. Geol. Soc. Jap. 1885. Washington II, S. 983.



Die Kreide vom Kap Nemuro enthält nach Kotô augitandesitische Breccien, ferner Analeimbasalt und teschenitartige Gesteine, also Alkaligesteine die sonst in dieser Gegend selten sind. Diese Ergussgesteine gehören aber nicht zum Kurilenbogen.

Zum Kurilenbogen zählen folgende Vulkane bzw. Vulkaninseln — Reihendichte nach Sapper 1:0,90 —:

Alaid 2370 m, ein steiler sehr regelmässiger Kegel mit 12—25 Grad Böschung, aus Lockerprodukten aufgebaut, mit nur einem Lavastrom auf der Südostseite. Paramushir ist eine der grössten Kurileninseln. Shumsir (Pervi-Insel) gehört im Norden zu dieser Insel. Die Hauptgipfel von Paramushir sind: Mt. Ebeko 1433 m, solfatarisch tätig, Marakariyama 705 m, Mt. Levacheff 1006 m, Mt. Chikuratski 1951 m und der tätige Fuss Peak 2104 m. Nicht mehr tätig sind Shirinki 762 m, Makanrushir 1127 m und Onekotan mit Mt. Nemo 747 m und dem Sommaberg Mt. Blakiston (Kuroishi-yama, To-orussyr) 1233 m.

Tätig ist wieder Karimkoton; Shiaskotan mit dem doppelgipfligen Sinnarka 936 und 924 m und einem südlichen Massiv 898 m. Es folgen Ekarma; Chirinkotan 731 m (Snow); die Mushirklippen 24 m, die Bruchstücke eines submarinen Vulkans sind, ferner Raikoke 409 m, tätig; Matau (Matua-jima) mit dem tätigen Vulkan Sarnitscheff 1597 m; Rashau (Rashua-jima) 1163 m mit Solfatarenspuren; Ushischir 414 m, ein Krater mit Fumarolentätigkeit, Ketoy 1202 m.

Simushir (Shinshiri-jima) ist eine langgestreckte Insel mit drei grösseren Vulkanen: Uratman Peak 609 m, Prevost Peak 1356 m, Milnegebirge, Sshinshiridake 1722 m. Makanruru (Broughton Island) 542 m ist nicht tätig. Die Black Brothersgruppe (Chirnoi-jima) hat zwei Ausbruchspunkte, Rebantsiriboi und Brat Chirnoi 752 m.

Auf der Insel Urup unterscheidet Snow vier Hauptmassive: Atatsu-Nobori (Kaimon-san) 1142 m, ein steiler Kegel von 50 Grad, Kane-yama und Suribachi-yama 1159 m; die Gruppe an der Tokotan-bay 1493 m und endlich Paiwanobori und Kairanobori bis 1113 m. Auf dieser Insel steht bereits Tertiär an. Jimbo fand zu unterst Liparite und liparitische Tuffe, darüber propylitisierten Augitandesit.

Die grösste der Kurileninseln ist Yetorup (Staten Island, Etoro-fujima) mit einer ganzen Zahl tätiger Eruptionszentren. Es sind zu zählen nördlich der Bearbay Atui-ya-dake 1189 m und südlich derselben Moyoro-dake 1198 m; Chirip (Chiripnupuri) 1527 m; Hotoko 792 und 1524 m, auf der Westseite der Hitokapu Bay und Shitokap-yama 1462 m auf der Nordseite der Naibobucht; Atora no bori (Araisa-yama) 1233 m, Roko 900 m, Beritaribi (Patarabe-nupuri, Peretara-



bets) 1237 m. Dieser Vulkan hat Olivinführende Pyroxenandesitlaven gefördert.

Ferner folgt die Insel Kunashir mit Rurui-dake 1497 m. St. Anthony Peak (Chacha-no bori) 1540 m, Rausu (Rouse no bori) 916 m und Tomari-yama 545 m.

Nun tritt der Vulkanbogen nach Hokkaido ein und zählt folgende Gipfel. Raushi-dake (Inosan) 1573 m; Shari-dake 1449 m; Mashiu-yama 893 m; Atosanobori 460 m; Oakan 1505 m; Meakan 1617 m; Nutapkaushipe 2208 m; Optateshike 1980 m; Tokashi-dake 1812 m und das Massiv von Mashike 1542 m.

Über die Tätigkeit der Bogen gibt Tabelle S. 98 Aufschluss.

Die Kurilenvulkane sind gleichaltrig mit den Vulkanen des Kljutschewskajabogens auf Kamtschatka, als dessen Fortsetzung sie aufgefasst werden müssen, also Pleistozän bis Gegenwart.

Das jugendliche Alter wird durch den Erhaltungszustand der Vulkankegel erwiesen, die, soweit sie nicht der Brandungswoge ausgesetzt sind, nur auf den drei südlichen Inseln, Urup, Yetorup und Kunashir, stärker zerstört sind. In diesen Teilen des Bogens mag die vulkanische Tätigkeit noch bis ins Pliozän und vielleicht noch weiter zurückreichen. (Propylitisierte Andesite auf Hokkaido.)

Sehen wir von den Alkaligesteinen der Kreide vom Cap Nemuro ab, die nicht zum Bogen gehören, so sind die Magmen, die zur Eruption gelangt sind, die gleichen wie in Kamtschatka. Es werden vor allem Pyroxenandesite, saure Hornblendeandesite angegeben. Nur drei Analysen sind vorhanden, wie überhaupt unsere Kenntnis des Kurilenbogens recht lückenhaft ist.

Der Vulkanismus ist zeitlich von Süden nach Norden gewandert. Die Tätigkeit des Kurilenbogens zeigt Kamtschatka gegenüber bemerkenswerte Unterschiede. Es war schon Milne aufgefallen, dass die explosiven Ausbrüche vorherrschen und Lavaströme selten sind. Er glaubte, diese Erscheinung mit dem hohen Niveau der Krateröffnungen erklären zu sollen.

## 2. Die japanischen Vulkanbögen.

Der geologische Bau der japanischen Inselwelt.

Die japanische Inselwelt setzt sich aus drei Gebirgsbögen zusammen: dem japanischen Bogen, bestehend aus dem Westanhängsel von Hokkaido sowie den drei japanischen Hauptinseln Honshû, Kyushyû und Shikoku, ferner dem Ryûkyûbogen und dem zum grössten Teil vom Meere verhüllten Boninbogen.

Das Verdienst, das erste zusammenhängende Bild des tektonischen Aufbaues Japans entworfen zu haben, gebührt Naumann. Der japanische



Gebirgsbogen besitzt eine konvexe Aussenzone von stark gefalteten Sedimenten und eine konkave Innen- oder Rückenseite, die aus einer aufgelockerten Trümmerzone von Schollen, Spaltenergüssen, Einbruchskesseln und Vulkanen besteht.

Ein grosser meridional verlaufender Querbruch, die „Fossa magna“, teilt die Inselwelt in eine West- und Osthälfte, oder, wie man gewöhnlich sagt, in Süd- und Nordjapan. Dieser Bruch ist aber kein tektonischer Graben, sondern ein Bruchfeld, das sich landschaftlich durch einen Steilrand mit einer sich nördlich daran anschliessenden Furche darstellt und z. T. unter mächtigen marinen Miozän- und Pliozänschichten begraben ist. Der Bruch hat nach Naumann ein höheres Alter, Ende Paläozoikum. Dass an ihm der südliche Teil des Bogens eine Schleppung erfahren hat, war Naumann nicht entgangen.

Eine zweite wichtige tektonische Linie ist die „Medianlinie“, eine streichende Dislokationskluft, die den Inselbogen in eine Nord- oder Innen-, und eine Süd- oder Aussenzone gliedert. Sie zieht sich entlang dem Innenrand der kristallinen Schieferzone. Sie ist nach Naumann ein sehr altes Strukturelement und schon zu Beginn des Paläozoikums vorhanden gewesen. Die letzten Faltungen erfolgten am Schluss der Miozänzeit, während die Zerstücklungen des Binnenmeeres für noch jünger, postpliozän gehalten werden.

Dieses einfache tektonische Bild hat mit der fortschreitenden japanischen geologischen Landesaufnahme, die sich vorzugsweise an Namen wie Harada, Kotô, Ogawa u. a. knüpft und durch die synthetisch vergleichenden Studien von Suess und v. Richthofen einem sehr viel komplizierteren Gebilde weichen müssen. Die tektonischen Elemente erfahren z. T. andere Deutungen, über den Eintritt der einzelnen Ereignisse gehen die Ansichten recht weit auseinander, manche Punkte bedürfen noch der Klärung, und Widersprüche sind noch zu beseitigen, so dass es nicht leicht wird, ein klares Bild der Vorgeschichte und der in ihr wirkenden Kräfte zu gewinnen.

Abgesehen von v. Richthofen, der ganz neue Wege einschlägt, stimmen alle Autoren darin überein, dass diese Gebirgsbögen Staubögen vom Alpentypus seien, die von Westen gegen Osten, also gegen den Ozean überfaltet sind.

Nach Harada ist der japanische Bogen ein ganz zonar gefaltetes Glied in der Kette jugendlicher Faltengebirge, die den stillen Ozean einrahmen. Das japanische Meer ist ein grosser Kesselbruch aus dem mittleren Jura. Zur Kreidezeit muss der Bogen bereits fertig gebildet gewesen sein.

Die Zweigliederung durch die Medianlinie wird durch eine geologische Dreigliederung in Innenzone, Kernzone und Aussenzone ersetzt.



Tektonisch wird dagegen die Zweigliederung beibehalten. Dem Querbruch misst er die Bedeutung, die ihm Naumann gab, nicht zu. Hier scharen sich das nördliche und südliche Bogenstück.

Ogawa ist Anhänger der Deckentheorie. In SüdJapan hält er die Grenze Gneiss-Phyllit gegen Paläozoikum für eine tektonische, bedingt durch horizontale Überschiebung des Innenrandes über den Aussenrand in der Richtung gegen den Ozean. Der Aussenrand besitzt eine Schuppenstruktur mit Einfallen der Schuppen nach innen. Die Medianlinie, die er längs des Aussenrandes der Kernzone verlegt, ist sehr viel jünger als die Faltung, aber noch vor der marinen Kreidetransgression entstanden. Grundlegend für seine Auffassung ist die Stellung der südjapanischen Zentralgneisse. Es sind Orthogneisse, mit normalen Graniten durch Übergänge verbunden und mit entwickelten Kontakthöfen, die auf Glieder der paläozoischen Chichibuformation übergreifen. Die Zentralgneise sind daher von den alten Sambagawaschiefern abzutrennen und sicher postkarbonische Eruptivgesteine. Der Izumisandstein = obere Kreide, ein Sediment des Vorläufers des japanischen Binnenmeeres, geht transgredierend darüber. In seinen tieferen Horizonten besitzt er Gerölle jenes Zentralgneises. Dieselben kommen in Konglomeraten älter als Trias nicht mehr vor. Danach wäre die Hauptfaltung prämesozoisch und postkarbonisch.

Ogawa vergleicht aber die japanischen Zentralgneisse ausdrücklich mit den alpinen. Nun hat die südjapanische Flyschformation (Obere Kreide-Frühtertiär) offensichtlich an den Gebirgsbewegungen teilgenommen. Diese müssen demnach jünger sein.

Es ist also ein klares Bild von der zeitlichen Folge der gebirgsbildenden Vorgänge damit nicht zu gewinnen. Mesozoische Tiefengesteine wären an und für sich keine überraschende Erscheinung. Im Dschugdschurgebirge spricht Bogdanowitsch die Granite für jurassisch an. Im Sichota Alin haben Granite nach Dunikowski, Tokarski und Nowack die Angaraschichten durchbrochen, nach O. Weigel sind sie jünger als die posttriassischen Porphyrite.

Nord- und SüdJapan waren zur Kreidezeit noch zusammenhängende Stücke ein und desselben Bogens, sie trennten sich erst im Paläozän. NordJapan besteht aus zonar gefalteten Zonen, die durch Brüche in Diagonalhorste zerlegt werden. Doch weicht Ogawa von seinen Vorgängern insofern ab, als er die Hidakazone und das Kwantôbergland zur Aussenzone rechnet. Was den grossen Querbruch betrifft, so besteht derselbe nach Yabe aus zwei tektonischen Elementen verschiedener Bedeutung und verschiedenen Alters. Der ältere Bruch verläuft zwischen Nirazaki und Itoigawa auf 162 km Entfernung, der jüngere zwischen Nirazaki und Shizuoka auf 88 km Entfernung am Ostfuss des Akaishisphenoids entlang.



Betreffs des Ryūkyūbogens stellt Ogawa fest, dass seine Faltung gleichaltrig mit der Aussenzone Südjapans ist, beide stehen im Verhältnis der Scharung zueinander, die nicht später als Frühmiozän erfolgte. Die miozäne Kohle von Chikukō auf Nord-Kyushyū wird nicht mehr von ihr berührt. Nach Yabe ist diese Kohle aber etwas älter als miozän, danach wäre diese Angabe zu korrigieren und das Alter der Faltung präoligozän.

Auch Suess erblickt in den japanischen Bögen Stauungsbögen vom Alpentypus. Die faltende Tendenz nimmt ihren Ausgang vom eurasiatischen Scheitel gegen den Ozean. Disjunktivvorgänge haben die heutigen Formen geschaffen. Auf seine geniale Einordnung der japanischen Bögen in die asiatischen Gebirgssysteme kann hier nicht näher eingegangen werden.

Die ostasiatischen Randbögen sind dagegen nach v. Richthofen nicht Stauungsbögen, sondern Zerrungsbögen des neuen „ostasiatischen Typus“. Zugkräfte, welche von den ozeanischen Tiefen aus gewirkt haben, lassen den asiatischen Kontinent in Staffeln zur Tiefe gehen. Im Osten einer jeden Staffel liegt gesenktes Land. Die Bögen sind die gebirgsartigen Randanschwellungen grosser, nach innen schüsselförmiger Landstaffeln.

Der Zerrungsbogen besitzt einen meridionalen und einen äquatorialen Schenkel, letzterer ist zuerst angelegt. Die Bogenform eines solchen Disjunktivgebildes ist die Resultante zweier Zugkomponenten, die eine wird durch den 5000—10000 m tiefen Ozean ausgelöst, die andere hat ihre Ursache vielleicht in einer polfliehenden Massenversetzung.

Zerrungsbögen treten in „Flankenkettung“ miteinander in Verbindung. Dominierend nennt v. Richthofen einen Schenkel, wenn der zu ihm gehörige Gebirgsbau in seiner ganzen Breite unbeirrt an der Berührungsstelle vorbeizieht und sich übergreifend über das Ende des anderen Schenkels legt. Der andere ist der durchgreifende Schenkel.

Von dem Bau der japanischen Inselwelt entwirft er folgendes Bild: Nordjapan, einschliesslich Hokkaido, besteht aus folgenden 4 Kulissen, Diagonalhorsten, von Norden nach Süden: 1. die Hidakazone, sie verläuft diagonal über Hokkaido; 2. die Kitakamizone, sie streicht von dem Westanhängsel von Hokkaido nach Nord-Honshū hinüber; 3. die Abukumazone; 4. der Boninrücken, der in Naumanns „Fossa magna“ versenkt ist und das starre Widerlager liefert, an dem die südliche Hälfte des Bogens geschleppt wird. Naumanns Medianlinie ist keine streichende Dislokation, sie schneidet den Untergrund diagonal und trennt die Aussenzone ab. Diese Teile sind die Fragmente eines quer gegen die meridionalen Züge Südjapans gestellten alten Festlandes. Damit wird die Einheit des japanischen Bogens aufgegeben.



In Südjapan sind zwei fremde Elemente zu einem neuen Bogen zusammengeschweisst. Die Falten des geologisch alten Tsinglingstammes vereinigen sich mit den sinischen Zügen des Kumakigebirges. Die Zentralgneisse besitzen danach ein hohes Alter. Die Faltungen sind alt, die mesozoischen Formationen gehören der Decke an. Die Vulkanlinien sind als strukturfremdes, epigenetisches Element gewissermassen ornamental aufgesetzt. Die gesamte Tektonik, wie sie heute vorliegt, ist das Ergebnis der Zerrung, die eine gleitende Bewegung der Massen gegen den Ozean bewirkte.

Hobbs führt zum Bildungsvorgang von Gebirgsbögen aus, dass eine Faltenbewegung, die entsprechend der Suesschen Vorstellung zentrifugal von einem Gebiet ausgeht, in diesem Falle ist es das Angaraland, zwar eine Überfaltung gegen den Ozean schaffen kann, aber den äussersten Bogen zuerst entstehen lassen muss. Geht dagegen die Faltung zentripetal vom Ozean gegen das Land vor sich, so ist zwar der ozeanische Bogen der jüngste, aber die Überfaltungsrichtung ist gerade umgekehrt. Auf die ostasiatischen Bögen stimmen beide Kriterien nicht. Sie sind offenbar besondere Gebilde, auf die sich die Verhältnisse der Alpen nicht ohne weiteres restlos übertragen lassen.

Die Alpenfaltung hat sich aus der streifenförmigen mesozoischen Geosynklinale heraus entwickelt und das Vorland überwältigt. In Ostasien sehen wir heute Staufalten und auf ihrer Stirnseite noch gewaltige Vortiefen bestehen. Das sind Unterschiede, die der mechanischen Erklärung harren. Mag nun in dem v. Richthofen entworfenen Bild der eine oder andere Zug nicht durch die Beobachtung bestätigt werden, die Zerrung als bedeutenden gebirgsbildenden Faktor, ebenbürtig der Kompression, erkannt zu haben, wird sein bleibendes Verdienst sein.

Der staffelweise Abfall des ostasiatischen Kontinents gegen den stillen Ozean lässt kaum eine andere Deutung zu als Zerrungen, „disjunktive Vorgänge“ grössten Ausmaßes. Andererseits lassen sich die Faltungserscheinungen, die seit v. Richthofen sehr viel gründlicher in ihren Einzelheiten bekannt geworden sind, durch Zerrungen allein nicht befriedigend erklären.

Nach Süden stellt der Ryūkyūbogen den Anschluss Südjapans mit Formosa (Taiwan) her. Ich werde in der Darstellung des tektonischen Baues Kotō folgen. Längs der Ostküste von Korea verläuft ein gewaltiger Abbruch; diese Bruchlinie schneidet schräg die Faltenachse des südjapanischen Gebirges, folgt der Stirnseite des Ryūkyūbogens und endet am Südennde von Formosa. Kotō nennt diesen Bruch den Peri-tung-hai-Bruch. Der Abbruch erfolgte zwischen Kreide und Oligozän, also wohl im Alttertiär.



Die Ryūkyūkordillere hat einen sigmoiden Verlauf und monoklinen Bau, der Nordost der Kurve, die eigentliche Ryūkyūgirlande, ist gegen den Ozean konvex und in dieser Richtung überschoben. Die innerste

Abb. 7.



Die Tektonik des Ryūkyūbogens. Nach B. Koto (Journ. Coll. Sc. Imp. Un. Tokyo, Vol. 37).

Zone Amakusa—Koschikijima besteht aus Izumisandstein (Obere Kreide), es folgt die Vulkanzone, dann die Kordillere aus paläozoischen Schichten, Osumi-Yakeshima, und als äusserste Zone die tertiäre Flyschzone mit ungefalteten Tertiärrassen im Osten (Tenegashima). Der Stirnseite des Bogens ist der Ryūkyūgraben mit Tiefen bis — 7000 m vorgelagert. Auf seiner Rückseite sinkt das Meer bis — 2000 m ab. Kotô deutet die Kor-



dillere als Rahmenfaltung. Im Norden von Taiwan ist der Knotenpunkt der Sinuskurve erreicht. Die Kordillere tritt in Taiwan ein, kehrt aber hier die konkave Innenseite gegen den Stillen Ozean. Die letzten Verwerfungen und vertikalen Bewegungen sind sehr jugendlichen Datums, jungtertiär oder altquartär.

Formosa, Ryûkyû und Kyûshyû in Südjanpan gehören zusammen. Auf gefaltetem Untergrund, der aus archaischen Gneisen mit Granit-intrusionen, Sambagawa-Grünschiefern, Mikabuschiefern, einer paläozoischen Grauwackenformation und mesozoischen sandigen Schiefern besteht, liegt diskordant Kreide und Tertiär mit Operculina und den petroleum-führenden Horizonten auf Formosa. Dann ist in Westkyûshyû und auf dem Ryûkyûbogen eine eigentümliche Plateauformation, die aus Tuffen, Lapillibeds und vulkanischen Aschen besteht, von mehreren hundert Metern Mächtigkeit aufgelegt. Das Material entspricht den Laven des Asovulkans. Diese Plateauformation ist altdiluvial, in den tieferen Teilen jungtertiär.

### Formationsfolge in Japan.

- |                          |                             |                          |   |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---|
| 8. Quartär:              | Alluvium                    | Andesite und Dazite      |   |
|                          | Diluvium                    | aufgesetzter Vulkane.    |   |
| 7. Tertiär:              |                             | Postpliozäne Faltung     |   |
|                          | Pliozän                     |                          | } Liparite, Andesite                                  |
|                          | Miozän                      | Paläozäne Faltung        |   |
|                          | Flyschformation             | Mikura-Serie             |   |
|                          | Südjapans                   | Misaka-Serie             |   |
| 6. Kreide:               | Senon                       | } Marin auf Hokkaido     | } Izumisandstein in Süd-Japan                         |
|                          | Turon                       |                          |   |
|                          | Cenoman                     |                          |   |
|                          | Danien-Gault                |                          |   |
|                          | Neocom                      | Ryoseki-Serie            | } Diabas, Porphyrite<br>Peridotite, Gabbro,<br>Granit |
|                          |                             | Torinosu-Sandstein       |   |
| 5. Jura:                 | Bathonien und               | = Tetori-Serie           |   |
|                          | Untere Oolith               |                          | Porphyrit   |
|                          | Lias                        | = Shizugawa-Serie        |   |
|                          |                             | Inktone-Serie von Nagato |   |
| 4. Trias:                | Rhät                        |                          | Porphyrite  |
|                          | Juvavisch                   |                          |   |
|                          | Norisch                     |                          |   |
|                          | Haupt-Faltung nach Ogawa.   |                          | Empordringen der Zentralgneise nach Ogawa             |
| 3. Jüngeres Paläozoikum: | Kobotoke-System             |                          |   |
|                          | Chichibu-System = Karbon    |                          | Diabas, Porphyrite,<br>Peridotite, Gabbro             |
|                          | obere                       |                          |   |
|                          | mittlere                    |                          |   |
|                          | untere Stufe = Mikabu-Serie |                          |   |



|   |   |
|---|---|
| 2. Präkambrium<br>oder älteres Paläozoikum: | Sambagawaschiefer = algonkische Schiefer der Waitai-<br>Serie in China nach v. Richthofen<br>Obere: Epidotserizitschiefer<br>Mittlere: Graphit-Chlorit-Mangan-<br>Epidotschiefer<br>Untere: Serizitschiefer |
| 1. Archaikum:                               | Gozaisho-Serie                      Amphibolite<br>Takanuki-Serie<br>Granitgneise = Laurentian.   |

### Die Mandschurischen Vulkane in der Gegend von Mergen.

Zu den ostasiatischen Randgebilden in weiterem Sinn gehören die sehr wenig bekannten Vulkane im Gebiet des grossen und kleinen Chingan in der weiteren Umgebung der Stadt Mergen in der Mandschurei. Die Vulkane liegen über 750 km vom japanischen Meerbusen ab. Was über dieses Gebiet bekannt ist, hat J. K. Wieslouch, Ber. Kais. Russ. Geolog. Ges. 48, Heft 7, Petrograd 1911 (Referat: Z. f. Vulk. II, S. 234—243) zusammengestellt. Sie sollen an dieser Stelle anhangsweise behandelt werden.

25 Werst (26,7 km) nordwestlich von Mergen im Gebiet des grossen Chingan liegt um einen See ein tätiges Vulkangebiet, das nach chinesischen Quellen im Juli, August 1721 einen Ausbruch gehabt hat.

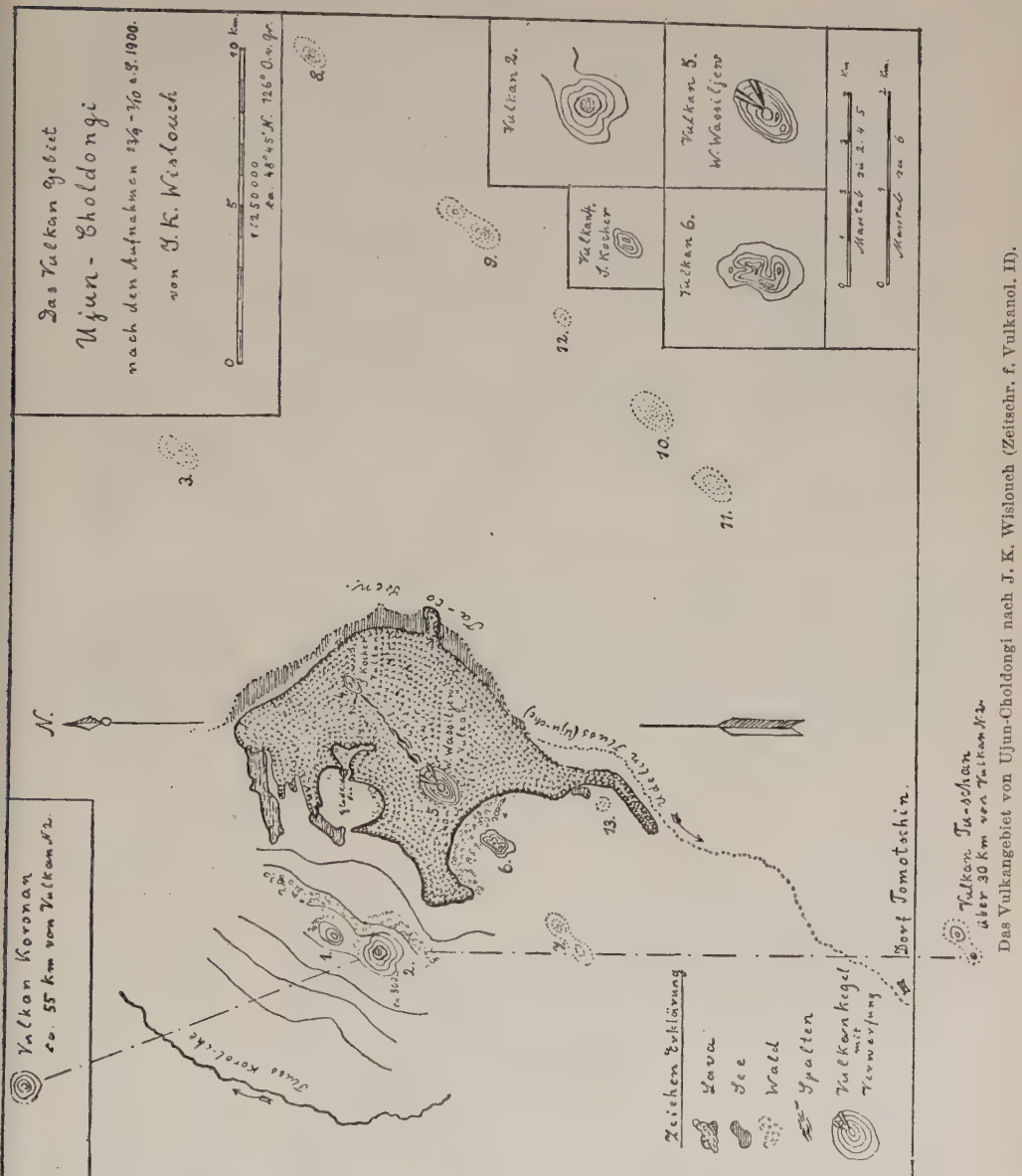
Zwischen dem grossen und kleinen Chingan verläuft etwa 100 km südöstlich eine Nordost-Südwest gerichtete Vulkanreihe: Pridoroshny-Vulkan, Krapotkins-Vulkan und Vulkan Koronan (Mao-jun-shan) 157,5 m (Ishitzky), mit einem flach schalenförmigen Krater von 600 m Durchmesser. Gut erhaltene Blocklava und heisse Luft, die aus den Spalten steigt, bezeugen das jugendliche Alter der Vulkane. Weitere 55 km Südsüdost liegt das Vulkangebiet Ujun-Choldongi (9 Hügel oder Leuchttürme) auf dem rechten Ufer des Cholcheffusses, im ganzen 13 Ausbruchspunkte. (48 Grad 45 Min. nördl. Br., 126 Grad östl. L.) Die Vulkane liegen in einem Verwerfungstal auf dem abgesunkenen Flügel einer nordöstlich-südwestlich verlaufenden Verwerfung und sind zum Teil aus gleich orientierten Spalteneruptionen entstanden. Der ersten Spalte gehören die Vulkane 1 und 2, der Hauptspalte 7, 6, 5 (Wassiljew-Vulkan 240 m), 4 (Kocher-Vulkan) 30 m und 3 an, einer dritten Spalte 11, 10, 12, 9 und 8 (vgl. Abb. 8, S. 109).

Im Januar 1721 begann eine Lavaspalteneruption, die bis 1722 andauerte, und ein umfangreiches Lavafeld schuf aus sehr dünnflüssiger basaltischer Fladenlava, z. T. glasig erstarrt mit dem Volumen  $500 \cdot 10^6$  cbm. Der Wassiljew- und Kocher-Vulkan entstanden damals. Ein System klaffender Spalten verbindet beide.

30 km weiter südlich liegt der Vulkan Tu-shan.



Abb. 8.



## I. Der atlantische Innenrand Japans.

### 1. Die Okiinseln.

Die Inselgruppe der Okiinseln besteht aus zwei Hauptinseln, Dôgo im Norden und Dôzen im Süden, sowie drei kleineren Inseln, Chiburi-shima, Nishin-shima, Nakano-shima. Nach den Untersuchungen



## Die Eruptivgesteine der

A. Gewichts-

|                                | 1      | 2      | 3      | 4     | 5     | 6     | 7     | 8      |
|--------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 52,12  | 53,17  | 70,57  | 62,72 | 72,21 | 67,51 | 64,51 | 47,45  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,60   | 1,25   | 0,40   | 0,65  | 0,44  | 0,53  | 0,59  | 2,77   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,51   | Sp.    | 0,09   | 0,23  | 0,10  | 0,05  | 0,05  | 0,66   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,73  | 18,94  | 15,15  | 12,96 | 11,20 | 13,69 | 14,18 | 14,13  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,16   | 4,65   | 1,87   | 4,67  | 2,25  | 1,68  | 3,42  | 1,89   |
| FeO                            | 5,43   | 3,36   | 0,16   | 3,22  | 2,66  | 2,83  | 2,81  | 10,00  |
| MnO                            | Sp.    | 0,18   | Sp.    | 0,03  | 0,10  | 0,01  | 0,03  | 0,13   |
| MgO                            | 5,05   | 2,99   | 0,16   | 0,30  | 0,08  | 0,18  | 0,21  | 8,37   |
| CaO                            | 9,10   | 7,89   | 0,50   | 1,87  | 0,27  | 0,61  | 1,49  | 8,43   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,81   | 3,25   | 4,48   | 3,26  | 4,29  | 4,65  | 4,37  | 2,95   |
| K <sub>2</sub> O               | 1,40   | 0,69   | 6,04   | 5,41  | 4,81  | 5,45  | 5,75  | 1,38   |
| H <sub>2</sub> O               | 2,47   | 3,71   | 0,97   | 4,43  | 1,45  | 2,77  | 2,48  | 1,92   |
| Summa                          | 100,39 | 100,08 | 100,38 | 99,75 | 99,86 | 99,96 | 99,89 | 100,13 |

B. Molekular-

|                                |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 57,90 | 61,44 | 78,72 | 74,22 | 80,27 | 76,79 | 74,45 | 51,16 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,33  | 1,11  | 0,34  | 0,57  | 0,40  | 0,48  | 0,42  | 2,26  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,26  | —     | 0,07  | 0,14  | 0,68  | —     | —     | 0,32  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,93 | 12,90 | 9,97  | 9,02  | 7,33  | 9,15  | 9,62  | 8,99  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,33  | 2,01  | 0,80  | 2,06  | 0,93  | 0,75  | 1,45  | 0,78  |
| FeO                            | 5,00  | 3,26  | 0,13  | 3,20  | 2,47  | 2,66  | 2,70  | 8,99  |
| MnO                            | —     | 0,21  | —     | 0,00  | 0,06  | —     | —     | 0,13  |
| MgO                            | 8,39  | 5,20  | 0,27  | 0,57  | 0,13  | 0,34  | 0,35  | 13,52 |
| CaO                            | 10,86 | 9,78  | 0,60  | 2,34  | 0,33  | 0,75  | 1,87  | 9,77  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,00  | 3,61  | 4,82  | 3,76  | 4,60  | 5,12  | 4,92  | 3,11  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,00  | 0,48  | 4,28  | 4,12  | 3,40  | 3,96  | 4,22  | 0,97  |



## Okiinseln, Ikiinseln, Gotoinseln.

pro z e n t e

| 9      | 10    | 11     | 12     | 13    | 14     | 15    | 16    |
|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
| 49,03  | 66,35 | 57,14  | 62,88  | 61,83 | 62,36  | 48,33 | 52,19 |
| 1,71   | 0,96  | 1,82   | 0,91   | 0,30  | 0,60   | 2,40  | —     |
| 0,44   | 0,17  | 0,59   | 0,31   | 0,35  | 0,29   | 0,79  | 0,00  |
| 14,43  | 14,54 | 18,05  | 17,47  | 17,08 | 17,95  | 16,29 | 19,74 |
| 1,29   | 0,39  | 2,80   | 1,17   | 2,14  | 1,55   | 3,24  | 4,72  |
| 9,40   | 5,61  | 2,59   | 2,94   | 2,71  | 2,62   | 8,73  | 6,28  |
| Sp.    | 0,03  | —      | Sp.    | 0,12  | 0,48   | 0,11  | —     |
| 11,93  | 1,60  | 1,42   | 0,73   | 0,89  | 0,72   | 5,70  | 2,24  |
| 7,28   | 2,03  | 4,03   | 2,17   | 2,24  | 2,75   | 8,50  | 6,99  |
| 3,14   | 2,36  | 5,27   | 4,55   | 4,93  | 5,60   | 3,59  | 3,48  |
| 1,24   | 3,27  | 4,71   | 5,80   | 5,37  | 4,16   | 1,49  | 2,04  |
| 0,73   | 2,60  | 2,06   | 1,55   | 1,60  | 0,89   | 0,82  | 1,25  |
| 100,19 | 99,91 | 100,48 | 100,48 | 99,56 | 100,01 | 99,99 | 99,93 |

Sp. Gew. 2,562

pro z e n t e

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 50,62 | 74,13 | 65,56 | 71,20 | 70,75 | 70,22 | 53,28 | 60,46 |
| 1,30  | 0,80  | 1,58  | 0,75  | 0,27  | 0,55  | 1,98  | —     |
| 0,18  | 0,07  | 0,28  | 0,14  | 0,21  | 0,13  | 0,37  | —     |
| 8,80  | 9,58  | 12,19 | 11,61 | 11,53 | 11,89 | 10,59 | 13,45 |
| 0,50  | 0,20  | 1,24  | 0,48  | 0,89  | 0,66  | 1,33  | 2,05  |
| 8,12  | 5,23  | 2,48  | 2,78  | 2,55  | 2,46  | 8,02  | 6,06  |
| —     | —     | —     | —     | 0,14  | 0,46  | 0,09  | —     |
| 18,46 | 2,68  | 2,48  | 1,22  | 1,51  | 1,22  | 9,42  | 3,89  |
| 8,05  | 2,41  | 4,89  | 2,65  | 2,74  | 3,32  | 10,04 | 8,68  |
| 3,16  | 2,55  | 5,86  | 4,96  | 5,30  | 6,10  | 3,83  | 3,90  |
| 0,81  | 2,35  | 3,44  | 4,21  | 3,91  | 2,99  | 1,05  | 1,51  |



|     | Name                     | Magma  | Ort                            | Lagerung  |
|-----|--------------------------|--------|--------------------------------|---|
| 1.  | Pyroxenandesit           | IVa 7  | Yui, Dôgo                      | Alter:<br>Pliozän<br>Lagergang<br>i. Mioz.<br>Strom auf Mioz. |
| 2.  | Pyroxenandesit           | IVa 7  | Ujiki, Dôgo                    |   |
| 3.  | Geb. Alkali-<br>rhyolith | II 6   | Tera-yama, Dôgo im Westen      | 20 m mächtige<br>Ströme auf Mioz.                             |
| 4.  | Alkalirhyolith           | IIb 6  | Passhöhe Nagamura-Harada, Dôgo | Auf Granit  |
| 5.  | Quarzcomendit            | II 8   | Jibi, Dôgo                     | Blöcke<br>über Granit   |
| 6.  | Comendittrachyt          | II 6   | Nagamura, Dôgo                 | Strom auf<br>Miozän u. unt.<br>Basalt                         |
| 7.  | Ägirinaugit-<br>trachyt  | II 6   | Utagi, Dôgo                    | Gang im Miozän  |
| 8.  | Basalt                   | IVa 5  | Gipfel des Daimanji, Dôgo      | Alter pleistozän  |
| 9.  | Basalt                   | IVa 5  | Nagamura, Dôgo                 | 100 m mächtiger<br>Strom auf Com.                             |
| 10. | schiefr. Granit          | IIb 8  | Weg Ujiki n. Fuse, Dôgo        | postmiozän,<br>jünger als Andesit                             |
| 11. | Trachyt                  | III 6  | Miniura, Dôzen                 | Alter<br>Pliozän  |
| 12. | Glas. Olivin-<br>trachyt | IIb 6  | Takuhi-yama, Dôzen 525 m       |   |
| 13. | Quarzsyenit              | IIIb 6 | Ostfuss, Takuhi-yama, Dôzen    | Intrusiv im<br>Miozän   |
| 14. | Sodatrachyt              | III 6  | Matsu-shima, Kyûshyû, Iki      |   |
| 15. | Basalt                   | IVa 5  | Ondake, Fukae, Gotô-Inseln     | Pleistozän,<br>Bombe d. Vulk.                                 |
| 16. | Andesit                  | IVa 7  | Madara-shima, Prov. Hizen      | Lava,<br>Gerölle im Fluss                                     |

## Literatur.

1.—12. S. Kôzu, Sciences Rep. Tôhoku Imp. Univ. Sendai. Japan, I. No. 3, 1913, S. 26—56.

13.—15. S. Kôzu, Journ. of. Geol. Vol. XIX, No. 6, S. 559. — 16. S. Kôzu Journ. of. Geol. XIX. 1911, S. 567. — 17.—18. S. Kôzu. Sc. Rep. Tôhoka. Imp. Univ. Sendai, Japan. II. Ser. I. No. 5, 1914 S., 75—81.



## Mittlerer Feldspat.

| Mineral. Zusammensetzung  | L     | M     | Q     | A     | C                  | Or    | Ab    | An   | Analytiker |
|---|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|------|------------|
| 1. Ab <sub>46</sub> , An <sub>55</sub> , Aug. Oliv.                         | 59,72 | 35,95 | 4,31  | 4,00  | 6,93               | 13,4  | 40,0  | 46,6 | Yokoyama   |
| 2. Aug. Oliv.   | 67,96 | 21,29 | 10,75 | 4,09  | 8,81               | 5,9   | 42,3  | 51,8 | "          |
| 3. Quarz-Kalinalonfeldsp.<br>(Anorthokl.) Titanit. Magnet.<br>Magn. Apat.   | 75,47 | 1,60  | 22,93 | 9,10  | 0,86               | 45,9  | 51,10 | 3,2  | "          |
| 4. Sanidin, Mikroperth. Olig.<br>An., spärlich Aug.                         | 67,60 | 12,00 | 20,40 | 7,88  | 1,14               | 48,3  | 44,7  | 7,0  | "          |
| 5. Qu. Alkalifeld. Arfv.<br>Barkev. Erz, Apat. Aeg. Aug.                    | 58,64 | 10,28 | 31,08 | 7,33  | 0,67               | 46,39 | 53,61 | —    | "          |
| 6. Anorthoklas. Aegirinaugit  | 67,35 | 12,27 | 20,38 | 9,08  | 0,07 <sup>1)</sup> | 47,1  | 52,9  | —    | "          |
| 7. Sanidin, Aeg-Aug. Aeg.<br>Mt. Apat.                                      | 70,96 | 12,21 | 6,83  | 9,14  | 0,18 <sup>2)</sup> | 47,6  | 52,4  | —    | "          |
| 8. Byt. An <sub>55</sub> Ab <sub>45</sub> Titanaugit,<br>Oliv. Alkalif. Mt. | 52,28 | 55,78 | —     | 8,06  | 4,08               | 4,91  | 15,1  | 47,1 | 37,9       |
| 9. Oliv. I. Gen. Lab. Aug. Mt.  | 51,08 | 60,10 | —     | 11,18 | 3,97               | 4,63  | 12,5  | 50,0 | 37,5       |
| 10. Alkalifeld. Biot. Granit,<br>Mt, Ap. Zirkon.                            | 51,04 | 16,02 | 32,94 | 4,90  | 4,68               | 41,8  | 38,4  | 19,8 | "          |
| 11.   | 85,96 | 13,92 | 0,12  | 9,30  | 2,89               | 32,1  | 54,1  | 13,8 | "          |
| 12. Alkalifeldsp. Oligoklas,<br>Py. Ol. Mt.                                 | 83,16 | 8,90  | 7,94  | 9,17  | 2,43               | 40,4  | 48,1  | 11,5 | "          |
| 13. Quarz, Alkalifeldsp. Oligokl.   | 83,76 | 10,53 | 5,71  | 9,41  | 2,12               | 37,3  | 52,5  | 10,1 |            |
| 14. Hornbl. Biot. Diops. Olivin   | 83,92 | 9,98  | 6,10  | 9,09  | 2,80               | 28,6  | 58,1  | 13,3 | Takayanaki |
| 15. Andesin, Oliv. Aug. Mt.<br>Apat.  | 61,88 | 43,72 | —     | 5,60  | 4,88               | 5,71  | 14,3  | 49,4 | 36,3       |
| 16. Lab. Alkalifeldsp. Aug.<br>Oliv. Mt. Apat.                              | 75,44 | 21,18 | 3,38  | 5,41  | 8,04               | 17,0  | 41,5  | 42,5 | T. Ono.    |

<sup>1)</sup> Bei No. 6 wurde als Ägirinfaktor 0,67 wie bei No. 5 angenommen.

<sup>2)</sup> Bei No. 7 wurde der Ägirinfaktor 0,27 in der Weise gewonnen, dass CaO = FeO + MgO im Augit verrechnet ist, der Rest FeO als Magnetit angenommen, der Rest Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zur Ermittlung des Ägirinfaktors verwendet wurde; in 17. 0,09 als Ägirinfaktor.



## Atlantische Gesteine am Ostrand der japanischen Bögen.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1        | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|--------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 65,59    | 42,93 | 35,66 | 53,91 | 45,58 | 49,29 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,51     | 2,48  | 3,74  | 2,00  | 2,22  | 2,22  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,44     | 1,38  | 1,37  | 1,28  | 1,98  | Sp.   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,24    | 10,71 | 11,97 | 15,65 | 11,60 | 18,49 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,46     | 6,03  | 5,19  | 3,75  | 3,12  | 2,38  |
| FeO                            | 0,56     | 6,14  | 9,69  | 2,82  | 1,31  | 6,77  |
| MnO                            | 0,30     | 1,23  | 0,30  | 0,00  | 0,04  | 0,22  |
| MgO                            | 1,27     | 11,48 | 8,35  | 4,81  | 8,71  | 6,09  |
| CaO                            | 3,57     | 11,21 | 14,39 | 7,09  | 7,98  | 8,14  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,72     | 2,42  | 3,65  | 4,12  | 4,02  | 3,93  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,78     | 1,98  | 1,89  | 2,47  | 2,67  | 1,79  |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,54     | 2,78  | 4,04  | 2,05  | 4,39  | 0,88  |
| Sonst. B.                      | S = 0,10 |       |       |       |       |       |

100,08 | 100,77 | 100,24 | 99,95 | 100,37 | 100,20

## B. Molekularprocente.

|                                |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 73,07 | 46,20 | 39,98 | 59,84 | 53,11 | 54,01 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,40  | 2,00  | 3,16  | 1,66  | 2,59  | 1,84  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,20  | 0,65  | 0,67  | 0,60  | 0,97  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,30 | 6,77  | 7,94  | 10,22 | 7,95  | 11,89 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,45  | 2,45  | 2,22  | 1,56  | 1,36  | 0,99  |
| FeO                            | 0,54  | 5,48  | 9,08  | 2,61  | 1,27  | 6,17  |
| MnO                            | 0,27  | 1,16  | 0,27  | —     | 0,05  | 0,20  |
| MgO                            | 2,14  | 18,53 | 14,07 | 8,00  | 15,22 | 9,99  |
| CaO                            | 4,28  | 12,90 | 17,29 | 8,43  | 9,94  | 9,53  |
| Na <sub>2</sub> O              | 5,68  | 2,51  | 3,97  | 4,43  | 4,53  | 4,13  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,27  | 1,55  | 1,35  | 2,65  | 3,01  | 1,25  |

| Nr. | Name                       | Magma | Ort                                | Lagerung         | Mineralog. Zusamm.             | L     | M     | Q     | A     | C    | Or   | Ab   | An   | Analytiker  |             |
|-----|----------------------------|-------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------------|-------------|
| 1.  | Dazit                      | IVa 9 | Vulkan Sambe, Iwami                | —                | —                              | 68,59 | 6,81  | 24,60 | 6,35  | 4,95 | 15,6 | 39,4 | 25,0 | C. Sugiura  |             |
| 2.  | Limburgit                  | III 2 | Aensowami, Iwami                   | —                | —                              | 42,52 | 70,32 | —     | 12,84 | 3,86 | 2,91 | 1,35 | 2,51 | K. Yokoyama |             |
| 3.  | Nephelinbasalt             | III 1 | Nagahama, Iwami                    | —                | —                              | 53,04 | 76,18 | —     | 29,22 | 5,32 | 2,62 | 1,35 | 3,97 | K. Yokoyama |             |
| 4.  | Soreitritrachy-<br>andesit | III 3 | Atsumidzu, Kozaki,<br>Bungo, Japan | Gewölle i. Fluss | Soretit, Riebeckit, Olig. San. | 69,20 | 31,80 | —     | 1,00  | 7,08 | 3,14 | 31,0 | 50,6 | 18,4        | K. Yokoyama |
| 5.  | Monchiquit                 | III 3 | Kozaki, Bungo, Japan               | —                | Ol. Bi. Anosit                 | 61,60 | 52,50 | —     | 14,10 | 7,54 | 0,41 | 36,1 | 60,2 | 3,7         | K. Yokoyama |
| 6.  | Basalt                     | IVa 5 | Genbudo, Tajima                    | —                | —                              | 69,08 | 38,76 | —     | 7,84  | 5,38 | 6,51 | 15,0 | 47,1 | 37,9        | C. Sugiura  |

Literatur: No. 1. Washington II, S. 241. — No. 2. Washington II, S. 625. — No. 3. Washington II, S. 699. — No. 4. S. Kôza. Journ. of Geol.

Literatur: No. 1. Washington II., S. 241.  
XIX, 1911. S. 567, — 6, Washington II., S. 513, — No. 2. Washington II., S. 625, — No. 3. Washington II., S. 699, — No. 4 5. S. Kôzu. Journ. of Geol.



von Kôzu ist auf Dôgo die Sedimentbasis gestörtes Miozän, das aus Tuffen, Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefern besteht. Alle Eruptivgesteine haben postmiozänes, also höchstens pliozänes Alter.

An der Basis der Insel findet sich intrusiv in den Miozänschichten ein eigentümlicher geschieferter Granit (No. 10 Gesteinstabelle S. 112). Die Analyse des Granits zeigt, dass dieses Gestein kein normaler Granit ist. Bei hohem Quarzgehalt ist er ungewöhnlich reich an melanokraten Bestandteilen. Man könnte weit eher an ein aufgeschmolzenes Sediment (Tonschiefer) oder an ein Mischgestein denken.

Die ältesten postmiozänen Magmen sind Andesite. (No. 1 u. 2.) Sie bilden teils Lagergänge im Tertiär, teils Ströme auf dem Miozän. Ihre Ausbruchszeit ist in das Pliozän zu verlegen. Sie gehören noch dem pazifischen Magmatypus an.

Im Westen der Insel liegen auf der erodierten Tertiärlandschaft bis 200 m mächtige Decken eines gebänderten Alkalirhyoliths (No. 3) und Ströme saurer Ägiringesteine, Comendite, gleichfalls auf dem Tertiär. Die jüngsten Laven sind basischer und zwar Basalte, sie sind im Pleistozän und vielleicht noch später ausgeflossen und bilden bis 100 m mächtige Ströme auf dem Comendit im Osten der Insel, sowie den Kegel des 646 m hohen Daimanji. (No. 8 u. 9.)

Kôzu rechnet diese Gesteine z. T. zum Trachydolerit. Es sind das der Analyse nach keine Trachydolerite, sie haben keinen Nephelin oder andern Feldspatvertreter und der Alkalifeldspathält sich in bescheidenen Grenzen.

Dôzen ist ein an Santorin erinnernder, erodierter pliozäner Vulkan. Die basalen Tertiärschichten, ebenfalls Miozän, bestehen aus Sandsteinen. Intrusiv im Miozän mit Kontaktbildungen und Apophysen erscheint hier ein Quarzsyenit. (No. 13.) Dieses Magma dürfte sich durch Aufnahme von  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aus dem Comendit No. 6 entwickelt haben.

Der glasige Olivintrachyt No. 11 ist die Effusivform des Quarzsyenit und setzt den Gipfel des Takuhi-yama 525 m zusammen. Der Inselkranz besteht auch hier aus denselben Basalten, wahrscheinlich pleistozänen Alters.

## 2. Iki-Inseln.

Die Trachyte von Matsu-shima, Kyûshû No. 14 sind dieselben Magmen wie der Quarzsyenit No. 12. Aus Trachyt bestehen Kakarajima nordwestlich vom Hafen Yobuko, Prov. Hizen, während Madara-shima No. 14, Uraminotaki bei Omura Prov. Hizen basaltisch sind.

## 3. Goto-Inseln.

Fukejima mit dem Vulkan Ondake hat wiederum Basalt No. 15 geliefert.



Tabelle S. 110 ff. gibt einen Überblick über die Zusammensetzung der Laven, die dadurch ein besonderes Interesse verdienen, weil diese Inseln auf der Grenze der atlantischen und pazifischen Provinz liegen und eine Gränz-Mischregion bilden.

Atlantische Gesteine erscheinen in Iwami und Bungo wieder. Angaben über ihr Alter und ihre Lagerung sind mir nicht bekannt geworden.

## II. Die Kampuzone.

Zur Kampuzone soll gerechnet werden Okushirijima, Hokkaido im Westen vorgelagert, Oshima 714 m, und weiter die mit Nord-japan durch eine schmale Nehrung verbundene Halbinsel mit den Vulkanen Kampuzan 374 m und Shinzan 720 m und endlich Tobishima.

Die Zone ist sehr unvollkommen bekannt und wohl erloschen.

## III. Chokai-Zone.

Der Vulkanbogen beginnt mit der kleinen Insel Koshima vor der Südwestspitze Hokkaidos. Er tritt in Honshû ein und beginnt mit dem Iwakisan 1588 m (Tsugaru Fuji). Der noch tätige Vulkan ist ein sehr regelmässiger Kegel mit 17—27 Grad Böschung. Die Lava ist ein blaugrauer Andesit. Der Iwakisan hat in historischer Zeit keine Lava mehr geliefert. Seine Explosionen gehören der ultravulcanianischen Phase an und erinnern an die des Bandai.

Chokaisan 2123 m (Akita-Fuji), auch dieser Andesitvulkan dürfte wohl als nicht tätig zu bezeichnen sein.

Zu dieser Zone rechnen wir ferner die untätigen Vulkane Gas-san 1873 m, Sumondake 1400 m, Asakusa-yama 1579 m, Kenashiyama 1645 m, Naebasan 2110 m, Kasabotchi-yama 2100 m.

### Tätigkeit des Bogens.

Die Ausbrüche bleiben auf den Iwakisan beschränkt.

|      |            |
|------|------------|
| 1600 | 22. Febr.  |
| 1709 | 12. Juni.  |
| 1760 | 8. März.   |
| 1782 | 12. April. |
| 1794 | 3. April.  |
| 1807 | 1. April.  |
| 1844 | März.      |



#### IV. Der nordjapanische Vulkanbogen.

(Bandaibogen, Nasu-Zone).

Der nordjapanische Bogen beginnt auf der Nordwestseite von Hokkaido mit dem erloschenen Inselvulkan Rishiri-yama 1741 m. Er kreuzt den Kamtschatka-Kurilenbogen in der Shiribetsmasse, einer gewaltigen Anhäufung jungvulkanischen Materials. Dieses Massiv bildet den Hals des westlichen Anhängsels von Hokkaido und gipfelt im Makkarinupuru 1943 m. Tätige Vulkane erscheinen erst in der Umgebung des kreisförmigen Senkungsfeldes der Vulcanobai.

Zu nennen sind der Eniwadake 1407 m und der Tarumai 903 m. Beide Vulkane sind durch andesitische (dazitische) Staumassen ausgezeichnet. Der Tarumai ist in neuerer Zeit in kürzeren Perioden tätig. Ausbrüche sind bekannt: 1739 16. Aug., 1797, zwischen 1804 und 1818 1854 27. Mai?, 1867 5. April, 1874 8. Febr., 1883 7. Okt., 1884 5. Nov., 1885 4. Jan. und zuletzt im Frühling 1909 und 1910 21. Aug.

Die Periode ist unregelmässig und ist kürzer geworden. Die Ausbrüche tragen explosiven Charakter, Lava ist nicht geflossen. Der letzte Ausbruch ist durch Bildung einer Staukuppe ausgezeichnet gewesen. Brotkrustenbomben wurden gefördert, so dass die vulcanianische Phase sich bis zur gemischten Eruption steigerte.

Unmittelbar an der Vulcanobai liegt der Usudake 692 m. Auch er ist durch Staukuppenbildungen ausgezeichnet. Die Unterlage des Vulkans bilden Liparite, seine Somma besteht aus Olivinpyroxenandesit, während das Material der zentralen Staukuppe ein Hypersthenandesit ist.

Der Tätigkeitscharakter ist vorwiegend explosiv und steigerte sich bis zur Phase der gemischten Eruptionen mit Staukuppenbildungen. Eine Anzahl Schlammströme gingen von diesem Vulkan aus.

Ausbrüche werden erwähnt: 1629 7. Mai, 1663 17. Aug., 1668 21. Aug., 1769 Jan., 1802?, 1822 9., 15., 23. März, 1853 15. März, 1854 27. Mai, 1858—1859 4. Juli bis Jan., 1909 11. Jan. bis März, 1910 21. Juli. Diese Ereignisse waren mit Bewegungen des Bodens verbunden. Im Jahre 1905 waren Höhenmessungen vorgenommen, die 1911 und 1912 wiederholt wurden. 1911 hatte sich die Umgebung des Vulkans 0,011 bis 2,414 m gehoben, während eine weitere Zone im Nordosten und Süden sich 0,009—0,074 m senkte. 1912 trat eine Umkehrung der Bewegung ein. Die Periode des Usu ist zirka 31 Jahre.

Auf der Südseite der Vulcanobai liegt der Komagatake 1099 m. Explosive Aschenausbrüche und in Verbindung mit ihnen verheerende Schlammströme machen wiederum seine Tätigkeit aus.



1640 31. Juli, 1710 27. Juni, 1784 9. Febr., 1796 15. Sept., 1855, 1856 24. Sept., 1872, 1888, 1905 20. Aug., 1909 3. Febr.

Die Periode des Vulkans betrug im 18. Jahrhundert zirka 70 Jahre, im 19. Jahrhundert zirka 16 Jahre.

Spuren von solfatarischer Tätigkeit zeigt der Esan 620 m.

Weitere kesselförmige Senkungsfelder schliessen sich nach Süden an, durch dieselben erfolgte die Trennung von Hokkaido und Houshû.

An der Mutsubucht liegt im Norden der solfatarisch tätige Osorisan, ein mehrgipfliger Berg mit dem Kamafuse-yama 784 m, im Süden der Hakkosan (Yatsukota-yama) 1571 m.

Eine ganze Reihe erloschener Vulkankegel folgen gegen Süden in breiter Zone. Sie mögen ebenfalls den Rändern von Kesselbrüchen aufsitzen. Tätig ist erst der Vulkanriese Ganjusan (Iwatesan, Iwawasiyama, Nambufui) 2070 m, nordwestlich von Morioka. Er ist der grösste Vulkan Nordjapans, ein stark abgestumpfter Kegel mit den Resten einer Sommaumwallung im Süden. Der Berg hatte 1686 23. Febr. bis 5. März einen starken Aschenausbruch.

Der nordwestlich vorgelagerte Yake-yama 1320 m (in Ugo) soll 1875 einen Ausbruch gehabt haben. Westlich von Morioka liegt der Komogatake (in Ugo) 1595 m. Die japanische geologische Karte gibt noch eine Reihe von weiteren Vulkanen an. Erst der Zaosan (Zoosan, Kattadake) 1964 m ist wieder tätig. 1890 16. Jan. und 1897 14. Jan. fanden Explosionen statt.

Weiter folgt der Azumasan (Azuma-yama) 1919 m. Seine Ausbrüche tragen intermittierenden explosiven Charakter. 1844, 1893 19. Mai, letzterer Ausbruch förderte 500 000 cbm Lockerprodukte. Die Phase steigerte sich bis zur gemischten Eruption. Leichter waren die Eruptionen 1894 16. Febr. und 12. April, 1895 8. März.

Adatara (Numajiri-yama, Adatura, Dake-yama) 1420 m besitzt eine grosse Ausbruchperiode. Ausbrüche werden angegeben 1477. 807 v. Chr. Im Jahre 1899 24. Aug. und 12. Nov. erwachte er wieder aus seinem solfatarischen Zustand. 1900 22. Jan. und 7. Febr. erfolgten leichte Explosionen.

Der Hauptausbruch erfolgte 1900 12. Juli und förderte 3 600 000 cbm Lockerprodukte. Die Phase ist die ultravulcanianische, die im Bandaisan ihren klassischen Vertreter besitzt.

Der Bandai-san 1964 m ist durch seine grosse Explosion vom 15. Juli 1888 der bekannteste Berg des Bogens geworden.

Der Vulkan liegt am Rande des Abukumaberglandes und besitzt vier Gipfel Obandai 1840 m, Kobandai zirka 1840 m, Akahaniyama im Süden und Kushigamine 1622 m im Osten. Diese vier Gipfel umgeben die alte Kraterebene Numanotaira 1311 m und werden als Reste



einer Somma aufgefasst. Zwischen den zuletzt genannten Gipfeln führt die Schlucht „Biwa-sawa“ zum Inawashirosee.

Der Untergrund des Vulkans besteht aus den Tuffen und Eruptivmassen des Aizu-Plateaus. Der Vulkan selber ist andesitischer Natur (vgl. Tab. S. 121). Einstmals soll der Berg einheitlich gewesen sein und seine vor der Explosion bestehende Konfiguration im Jahre 806 v. Chr. zugleich mit der Bildung des Inawashiro-Sees erworben haben, was allerdings sehr fraglich ist. Nach sehr langer Ruhe erfolgte die grosse Explosion von 1888. Am 15. Juli 7 Uhr morgens hörte man ein Dröhnen im Berg, nach einer halben Stunde erfolgte ein Erdbeben von 20 Sekunden Dauer und gleich darauf ein heftiger Erdstoss. 7 Uhr 45 Min. hob sich der Kobandai, während der Boden selber ruhig blieb. Eine mit festen Bestandteilen beladene Explosionssäule stieg bis zu 1280 m Höhe. Explosion folgte auf Explosion und zersprengte den Kobandai. Die letzte Explosion soll sich horizontal gegen Norden entladen haben, auch die vorangegangenen Explosionen mögen von der Vertikalen abgewichen sein. Die Hauptmasse des Kobandai floss nach Art eines Erdrutsches ab. Der Hauptstrom eilte durch das Nagasetal gegen Hibara nach Norden, ein Zweig folgte dem Biwatal. Die Lawine wurde bereits im I. Band S. 395 geschildert. Das Material war staubtrocken. Blöcke von 5—10 m Grösse wurden bewegt. Durch nachträgliche Verfestigung entstehen auf diesem Wege vulkanische Breccien. Die Staublawine bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von 77 km in der Stunde abwärts. Die starke Luftbewegung legte Baumstämme von 1 m Durchmesser nieder. Sekiya und Kikuchi schätzen die Geschwindigkeit der Luftwelle zu 40 m in der Sekunde. Da der Kobandai und ein Teil des Yugeta-yama fortgesprengt wurden, berechnen die genannten Autoren die bewegte Masse zu 1,213 cbkm. Der neue Krater besitzt Hufeisenform und ist gegen Norden geöffnet. Er hat die typische Form eines Explosionskraters. Sein Durchmesser beträgt über 2 km, seine Fläche 3,83 qkm.

Der Ausbruch des Bandai besteht in einer explosionsartigen Entbindung hochgespannter vulkanischer Gase. Kein neues Material, Lava oder Bomben wurden gefördert, nur das alte Material des Berges zerspratzte. Der Vorgang ist mit der Explosion einer Mine am besten zu vergleichen. Sie erfolgt längs einer Linie kleinsten Widerstandes, die nachher sich durch Fumarolen kenntlich macht.

Derartige Explosionen, die nur altes Material verstäuben und in ihrer Phase den Schmelzpunkt nicht erreichen, hat man ultravulcanische Eruptionen genannt. (vgl. I, S. 545).

Mit der Annäherung an den Querbruch und die Fujizone verdoppelt sich der Bogen. Der westliche Zug geht vom Bandai, der östliche vom Adatara aus.



## Die Gesteine des nordjapanischen Bogens.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9     | 10     | 11     | 12    | 13                                    | 14                                    | 15     |
|--------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 67,99 | 66,30  | 64,96  | 62,80  | 51,85  | 59,48  | 57,32  | 60,93  | 65,32 | 51,34  | 52,40  | 59,47 | 59,66                                 | 59,56                                 | 59,70  |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0,42   | —     | —      | 1,06   | —     | —                                     | —                                     | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0,13   | —     | —      | 0,14   | —     | 0,18                                  | 0,18                                  | 0,17   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14,96 | 15,07  | 19,12  | 16,70  | 21,97  | 19,57  | 22,67  | 16,46  | 14,03 | 21,21  | 17,59  | 17,12 | 15,51                                 | 16,10                                 | 16,68  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,40  | 0,54   | 0,60   | 2,13   | 4,64   | 3,30   | 1,28   | 3,35   | 3,23  | 1,75   | 3,51   | 2,33  | 3,76                                  | 6,28                                  | 5,43   |
| FeO                            | 2,35  | 3,26   | 2,69   | 4,11   | 2,87   | 4,65   | 5,61   | 5,94   | 4,65  | 9,16   | 7,07   | 5,69  | 5,40                                  | 3,02                                  | 2,09   |
| MnO                            | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0,55   | —     | —      | 0,16   | —     | Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> = 1,40 | Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> = 1,80 | 0,98   |
| MgO                            | Sp    | 0,75   | 0,81   | 0,84   | 1,88   | 1,30   | 5,43   | 2,88   | 1,24  | 2,56   | 3,73   | 4,04  | 3,67                                  | 3,08                                  | 2,35   |
| CaO                            | 1,98  | 3,10   | 5,10   | 4,98   | 8,21   | 6,14   | 0,12   | 7,84   | 5,25  | 9,92   | 9,36   | 7,24  | 6,56                                  | 6,32                                  | 5,20   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,79  | 4,14   | 4,72   | 2,95   | 4,04   | 3,85   | 3,89   | 1,44   | 3,46  | 3,22   | 2,98   | 2,23  | 2,50                                  | 3,09                                  | 2,67   |
| K <sub>2</sub> O               | 4,98  | 2,28   | 1,48   | 1,22   | 1,64   | 0,46   | 1,35   | 0,79   | —     | 0,25   | 1,77   | 0,30  | 1,08                                  | 0,80                                  | 0,99   |
| H <sub>2</sub> O +             | 4,37  | 4,56   | 1,58   | 4,42   | 3,84   | 1,48   | 2,60   | —      | 1,46  | 0,85   | 0,57   | 1,35  | 0,59                                  | 0,44                                  | 0,15   |
| H <sub>2</sub> O —             | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —     | —                                     | —                                     | —      |
| Sonst. Best.                   | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —     | —                                     | —                                     | —      |
|                                | 99,82 | 100,00 | 101,05 | 100,25 | 100,97 | 100,23 | 100,67 | 100,73 | 99,92 | 100,26 | 100,29 | 99,77 | 100,31                                | 100,57                                | 100,34 |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13                                    | 14                                    | 15    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 78,14 | 75,27 | 71,48 | 72,11 | 60,64 | 67,00 | 64,63 | 66,03 | 73,05 | 57,15 | 57,85 | 65,11 | 65,71                                 | 66,66                                 | 65,71 |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,34  | —     | —     | 0,87  | —     | —                                     | —                                     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,06  | —     | —     | 0,07  | —     | —                                     | 0,09                                  | 0,08  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,14 | 10,09 | 12,33 | 11,29 | 15,11 | 12,98 | 15,03 | 10,49 | 9,18  | 13,88 | 11,43 | 11,02 | 10,05                                 | 10,60                                 | 11,34 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,21  | 0,21  | 0,26  | 0,90  | 2,03  | 1,42  | 0,54  | 1,38  | 1,34  | 0,73  | 1,45  | 0,96  | 1,56                                  | 2,64                                  | 2,35  |
| FeO                            | 2,28  | 3,07  | 2,51  | 3,93  | 2,80  | 4,40  | 5,27  | 5,36  | 4,36  | 8,50  | 6,51  | 5,19  | 4,96                                  | 2,81                                  | 2,01  |
| MnO                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,50  | —     | —     | 0,15  | —     | Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> = 0,40 | Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> = 0,53 | 0,96  |
| MgO                            | —     | 1,30  | 1,32  | 1,45  | 3,30  | 2,23  | 9,18  | 4,68  | 1,07  | 4,27  | 6,17  | 6,64  | 6,06                                  | 5,16                                  | 4,07  |
| CaO                            | 2,48  | 3,75  | 6,01  | 6,13  | 10,32 | 7,44  | 0,14  | 9,10  | 6,30  | 11,83 | 11,07 | 8,50  | 6,74                                  | 7,59                                  | 6,44  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,10  | 4,57  | 5,03  | 3,30  | 4,58  | 4,19  | 4,24  | 1,51  | 3,76  | 3,46  | 3,19  | 2,37  | 2,67                                  | 3,35                                  | 2,99  |
| K <sub>2</sub> O               | 3,65  | 1,64  | 1,06  | 0,89  | 1,22  | 0,34  | 0,97  | 0,55  | 0,94  | 0,18  | 1,24  | 0,21  | 0,76                                  | 0,57                                  | 0,73  |



## Die Gesteine des Nordjapanischen Bogens.

| Nr. | Gestein                     | Mag-<br>ma | Ort                              | Lagerung                        | Mineral-<br>Zusammens. | L     | M      | Q         | A           | C     | Or   | Ab   | An.  | t.   | Analytiker  |
|-----|-----------------------------|------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------|--------|-----------|-------------|-------|------|------|------|------|-------------|
| 1   | Liparit                     | III 8      | Jozankai, Ishikari, Hokkaido     | —                               | —                      | 64,83 | 4,56   | 30,61     | 6,75        | 2,48  | 46,2 | 38,8 | 15,0 | 0,91 | Takamine    |
| 2   | Liparit                     | III 8      | Utanobori, Kitami, Hokkaido      | —                               | —                      | 64,81 | 8,74   | 26,45     | 6,21        | 3,75  | 19,8 | 56,8 | 23,4 | 0,83 | Takamine?   |
| 3   | Andesit                     | IV a 7     | Oshima, Hokkaido                 | —                               | —                      | 72,99 | 7,66   | 19,35     | 6,09        | 6,01  | 11,1 | 55,5 | 33,3 | 0,23 | Takamine    |
| 4   | Bimsstein                   | IV a 9     | Komagatake, Oshima, Hokkaido     | —                               | —                      | 59,01 | 10,76  | 30,23     | 4,19        | 6,13  | 12,3 | 45,2 | 42,5 | 0,97 | Takamine    |
| 5   | Andesit                     | IV a 7     | Kashite, Oshima, Hokkaido        | —                               | —                      | 83,64 | 14,22  | 2,24      | 5,80        | 9,31  | 11,6 | 44,2 | 44,2 | —    | Takamine    |
| 6   | Andesit                     | IV a 7     | Shiribeshi, Hokkaido             | —                               | —                      | 67,01 | 13,26  | 19,73     | 4,53        | 7,44  | 3,7  | 51,2 | 45,1 | 1,01 | W. Moseley  |
| 7   | Andesit                     | IV a 7     | Iwanoobori, Shiribeshi, Hokkaido | —                               | —                      | Anal. | falsch | t = 9,96! | CaO = 0,14! | —     | —    | —    | —    | —    | Takamine    |
| 8   | Pyroxenandesit              | IV 7       | Tarumai, Hokkaido                | Staukuppe 1909                  | An. Hy., Aug. Ol.      | 50,20 | 22,42  | 27,38     | 2,06        | 8,43  | 9,5  | 23,8 | 66,7 | —    | N. Yoshioka |
| 9   | Bimsstein                   | IV a 9     | Usu, Iburi, Hokkaido             | —                               | Mt. Ap.                | 55,52 | 14,50  | 29,98     | 4,70        | 4,48  | 13,0 | 55,1 | 31,9 | —    | Takamine    |
| 10  | Andesit                     | IV 7       | Usu, Hokkaido                    | —                               | —                      | 70,08 | 28,72  | 1,20      | 3,64        | 10,24 | 2,2  | 39,8 | 58,0 | —    | Takamine    |
| 11  | Pyroxenandesit              | IV a 7     | Usu, Hokkaido                    | Bombe 1910                      | —                      | 63,44 | 33,80  | 2,76      | 4,43        | 7,00  | 18,6 | 47,0 | 34,4 | —    | Satō        |
| 12  | Pyroxenandesit              | IV 7       | Bandaisan, Honshū                | —                               | —                      | 54,40 | 23,78  | 21,82     | 2,58        | 8,44  | 3,0  | 35,3 | 61,7 | —    | Nishi-yama  |
| 13  | Pyroxenandesit<br>(Mikakit) | IV a 7     | Yugete-yama, Bandaisan           | Erupt. 15.VII.88                | Lab. San. Aug.         | 53,92 | 24,28  | 21,80     | 3,43        | 6,62  | 11,6 | 40,6 | 47,8 | —    | Shimidzu    |
| 14  | Pyroxenandesit              | IV 7       | Krater des Bandaisan             | Rötlich gefärbt<br>d. Fumarolen | Hy. Mt. Ap. Trid.      | 58,08 | 18,82  | 23,10     | 3,92        | 8,40  | 8,4  | 46,8 | 45,8 | —    | Shimidzu    |
| 15  | Pyroxenandesit              | IV 7       | Hikage, Biwatal, Bandaisan       | Asche 15.VII.88                 | —                      | 55,52 | 17,61  | 26,87     | 3,72        | 7,62  | 10,1 | 43,4 | 46,5 | —    | Shimidzu    |

Literatur Nr. 1—7: Bull. Geol. Soc. Japan 1884. Washington II, S. 213, 265, 1039, 405.

8: S. Kōzu, Journ. of Geol. 19, 1911, S. 632—644.

9—10: Washington II, S. 397, 1039.

11: D. Satō Bull. Imp. Geol. Surv. Japan XXVII Nr. 1. Tōkyō 1913. (Jap.) Ref.: Z. f. Vulk. I 1914/15, S. 281.

12—15: Sekiya und Kichuchi, Journ. Coll. Science, Imp. Un. Japan III, 1889. Transakt. Seism. Soc. 13. 2. 1890, S. 198.



## A. Adatara-Zug:

Nasu-yama 1912 m

Takahara-dake 1793 m (Shiwara-dake)

Nantaisan 2483 m (bei Chuzenji)

Shiranesan 2286 m (b. Chuzenji) Nikodistrikt

Agakisan 1893 m

## B. Bandai-Zug:

Hakase-yama 1476 m

Hiuchi-dake 2382 m

Hotakasan 2021 m

Onoko-yama 1158 m

Harunasan 1457 m.

Tätige Vulkane besitzt nur der Adatarazweig.

Der Nasu-yama befindet sich im Solfatarenzustand. Sein Zustand war gesteigert 1876 Dez. und 1877 Jan., 1880 ein leichter Ausbruch.

Der Shiranesan im Nikkodistrikt war 1649, 1871 April, 1872 Juni tätig.

Die nordjapanische Vulkanzone zeigt zusammenfassend folgendes Bild: Die diluvialen Laven sind saure Pyroxenandesite, Liparite und Dazite vgl. Tabelle auf S. 121, Hokkaido Nr. 1—6.

Bei den tätigen Vulkanen nimmt von Süden nach Norden die Ausbruchperiode ab, und die vulkanische Phase steigt. Während Adatara und Bandai nicht mehr über die ultravulcanianische Phase gekommen sind, herrscht bei den weiter nördlich gelegenen Vulkanen der vulcanianische Eruptionstyp vor. An der Kettungsstelle mit einem zweiten Vulkanbogen ist die vulkanische Intensität am grössten, in diesem Falle in der Nähe der Vulcanobai auf Hokkaido.

Die Ausbrüche steigern sich bis zu gemischten Eruptionen, Tarumai, Usu. Zu Lavaströmen reicht die Temperatur nicht mehr aus, höchstens zur Bildung von Staukuppen und zum Auswurf von Brotkrustenbomben. Ob eine Änderung der Ausbruchperiode mit der Zeit eingetreten ist, ist bei den unzulänglichen Nachrichten aus der Vergangenheit nicht scharf zu erkennen. Es scheint allerdings, als ob die Perioden in den letzten Jahrhunderten kürzer geworden sind. Bemerkenswert ist, dass die heute geförderten Laven des Tarumai und Bandai saure kalkreiche Alboranite sind.

Die Vulkane des grossen Querbruchs sollen der Fuzizone zugerechnet werden und werden später behandelt.

Wir verfolgen zunächst die südjapanischen Vulkane.

#### IV. Der südjapanische Vulkanbogen.

##### A. Hakusanzone.

Der innerste, westliche der konzentrischen Bögen beginnt mit dem Tate-yama, Morato 2907 m, einem Vulkan, dessen Basis aus Granit besteht. Er befindet sich in solfatarischen Zustand und soll 704 seinen letzten Ausbruch gehabt haben.

Hakusan 2640 m soll Ausbrüche 1554 und 1839 getan haben.

Die übrigen Vulkane sind erloschen. Es sind zu nennen: Dainitschidake 1236 m, Aobasan 720 m, Tagura-yama 360 m, Ooka-yama



561 m, Kannabe-yama 560 m, Kasumigasen 1360 m, Sugenosen 1650 m, Daisen 1877 m, Sambe-yama 1227 m, Kasa-yama bei Hagi, Prov. Nagato 112,5 m. Letzterer Kegel ist pleistozän und hat einen Quarzbasaltstrom geliefert. Vgl. Analyse 1 der Tabelle S. 130, 131, der letztere Basaltstrom ist Anfang Quartär geflossen.

### B. Vulkanzone des Hidagebirges.

Diese Zone ist kurz und gehört der Verdoppelung an, die sich in der Nachbarschaft des grossen Querbruchs einstellt.

Ihr gehören an: Iwodake 2755 m (Kato), ein mehrgipfeliges Vulkanmassiv. Der älteste Gipfel ist der Warudani 2224 m, der Shiratani 2000 m und der jüngste und höchste der Iwodake.

Der Berg erhebt sich über dem aus paläozoischen Sedimenten bestehenden 1900 m hohen Plateau. Die tiefsten Laven sind Augitandesite, darüber folgen Glimmerandesite. In den letzten 200 Jahren äusserte der Berg nur solfatarische Tätigkeit nach der Eruption von 1585.

Am 8. Dez. 1907 nahm er seine Tätigkeit mit einem Aschenausbruch wieder auf. Jan. bis Juli 1909, Nov. bis Dez. 1910, Juni bis Juli 1911, 5. Febr. 1912, 13. Jan. 1914 und 6. Juni 1915 trat er in die vulcanianische Phase und wechselte mit dem 85 km entfernten Asama-yama ab.

Norikura 3116 m, Ontake 3185 m gehören derselben Zone an.

In den südlichen Teilen Südjapans unterscheidet Kotô zwei Vulkanbögen, den cantalitischen Bogen und den Ryûkyûbogen.

### C. Der cantalitische Bogen.

Der Bogen ist in seinem Verlauf recht hypothetisch, er ist älter als der Ryûkyûbogen und besteht im wesentlichen aus Hornblendeandesiten. Die Hornblendeandesite des östlichen Taiwan finden nach einer Unterbrechung von ca. 7 Grad in der Gegend von Nagasaki ihre Fortsetzung.

Die Vulkane dieser Zone sind von Osten nach Westen: Futago-yama 741 m, Yufudake 1776 m. Diesem Vulkan wird am 25. März 867 eine ultravulcanianische Explosion zugeschrieben. Tsumuridake 1480 m, der viergipflige Kujusan 1831 m, Kibosan 709 m und endlich der Taradake 1233 m bei Nagasaki. Tätig ist lediglich der Unzendake 1370 m (1438 m Komada). Das vulkanische Massiv besitzt vier Gipfel, Yadake 940 m, Nordake 1180 m, Funkendake 1370 m, Kuchibeyama 1060 m mit dem Seitenkegel Maeyama 710 m im Osten.

Der Berg liess 1657/58 einen Explosionskrater und Lavastrom von 1 km Länge entstehen. 1663 brachte wiederum eine Lavaeruption. 1690, 1791, 18. Jan. 1792 Explosionen, 8. Febr. 1792 einen Lavastrom am Handaiwahang von 2 km Länge, 1. Febr. und 25. März eine Gasexplosion am Südfuss



des Funkendake. Am 1. April (= 21. Mai) 8 Uhr morgens 1792 erfolgte ein gewaltiger Ausbruch, der die Osthälfte des Maeyama in die Luft sprengte (Sapper). Aschenregen und Schlammströme waren die Folge. Die Menschenverluste werden auf 707 beziffert. 1820 Schlammströme. Der Yahazudake ist erloschen.

### V. Der Ryûkyûbogen.

Der Ryûkyûvulkanbogen ist der jüngste und tätigste der südjapanischen Bögen. Er greift tief in Kyûshyû ein. Das Vulkanelement ist auch hier wieder der Struktur als fremdes Element aufgesetzt. Die Tätigkeit des Bogen begann mit der Bildung der Lapilliformation im Jungtertiär. Die Vulkanzone schneidet die Strukturlinien schief. Die Vulkane sitzen nicht nur auf den Bruchrändern, sondern wie der Sakurashima sogar inmitten eines Senkungsfeldes.

Asodake 1690 m (1592 m) (Asosan) (100 Dörfer Vulkan).

Der Aso ist einer der grössten und bemerkenswertesten Vulkane Japans, ein Ringvulkan von gewaltigen Dimensionen. Die Aussenwände der riesigen ovalen Caldera steigen sanft an und brechen 500 m auf der Innenseite ab. Der Durchmesser beträgt von Osten nach Westen 14 km, von Norden nach Süden 20—23 km. 40—50 Tausend Menschen sind in diesem Kessel angesiedelt. Im Westen ist der Ringwall durch den Barranco des Shirakawatlusses aufgerissen, ein vulkanisches Spaltental, in dessen Fortsetzung eine Reihe vulkanischer Kegel quer durch die Caldera zieht. Das tätige Zentrum ist der Naganotake etwa in der Mitte. Die Umrisse seines Kraters erinnern an eine menschliche Ohrmuschel mit einem Kratersee, der in der Geschichte eine grosse Rolle spielt. Die Asocaldera ist eine typische Einbruchscaldera.

Der Vulkan hat eine sehr reiche Geschichte hinter sich (nach Sapper):

|                    |                |                   |                 |               |
|--------------------|----------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 796 Aug.           | 1239 Febr.     | 1305 25. April    | 1434 1. Mai,    | 1505 Febr.    |
| 825                | 1240           | 1324 30. Aug.     | 19. Mai         | 1522 5. Febr. |
| 840 Okt.           | 1265 24. Nov.  | 1331 Dez. bis     | 1437 31. Dez.   | 1533 7. Juli  |
| 865 5. Nov.        | 1269 Aug.      | 1333 Juni         | 1438 9. Febr.   | 1558          |
| 867 16. Juni       | 1270 29. Dez.  | 1335 18. März     | 1473 4. Mai bis | 1559          |
| 986 3. Sept.       | 1272 9. April  | 1340 2. Febr.     | 1474 April      | 1562 März     |
|                    | 22. Nov.       | 1375 12. Dez.     | 1484 27. Dez.   | 1564 Dez.     |
|                    | 1273 Sept.     | 1376 23./24. Jan. | 6               | 1576 5. Nov.  |
|                    | 1274           | 1387 11. Juni     |                 | 1582 7. Febr. |
|                    | 1281 Juli—Aug. | 1388 8.—10. Okt.  |                 | 1583 24. Dez. |
|                    | 1286 23. Juli  | 1390              |                 | 1584 Aug.     |
| Ausbruchsjahre: 10 |                | 11                |                 | 1587          |
|                    |                |                   |                 | 1592          |
|                    |                |                   |                 | 1598 bis      |
|                    |                |                   |                 | 1599          |
|                    |                |                   |                 | 15            |



|                    |                |                                 |               |
|--------------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| 1613 9. Juli       | 1708           | 1804 5. Nov.                    | 1906 8. Juni  |
| 1620               | 1709 13. Febr. | 1806 30. Aug.                   | 1908 29. Jan. |
| 1631 Dez.          | 1764 Dez.      | 1814                            | 1914 13. Jan. |
| 1637 29. Sept. bis | 1765 Jan.      | 1815                            |               |
| 4. Okt.            | 1792—1780      | 1826 22. Nov.                   |               |
| 1649 Juli bis Aug. | 5              | 1827 April/Mai, 12. Nov.        |               |
| 1651 Febr., Aug.   |                | 1830 März, 11. Aug.             |               |
| 1652               |                | 1854 26. Febr.                  |               |
| 1668 Febr., Aug.   |                | 1872 1. Dez., 24. Dez.          |               |
| 1675 16. Febr.     |                | 1873 März                       |               |
| 1683 1. Mai        |                | 1884 21. März.                  |               |
| 1691 23. Juni      |                | 1894 6., 7., 24. März, 23. Juni |               |
| 11                 |                | 30. Aug.                        |               |
|                    |                | 1897 Febr., März                |               |
|                    |                | 13                              |               |

Die Phase des Vulkans ist in historischer Zeit nie über die vulcanische hinaus gestiegen. Lava ist nicht gefördert worden.

Die Kurve der Ausbruchshäufigkeit zeigt Minima im 10.—11., 15. und 18. Jahrhundert, steigende Maxima im 9., 14., 16. und 19. Jahrhundert. Die Tätigkeit des Vulkans hat im Laufe der Zeit also eine leichte Steigerung erfahren.

Die Gesteine des Bogens sind wiederum Andesite.

Der nächste Vulkan ist der grosse Kirishimadake 1762 m. Im Norden umgibt ihn das 800—1000 m hohe Nagasaka-Wallgebirge mit mauerartigem, steilem Innenabfall, ein Segment eines Sommalalles. Den Radius des Ringgebirges gibt v. Richthofen zu 20 km an. Es besteht aus Augitandesit und seinen Tuffen. Inmitten seiner Binssteinhochfläche erhebt sich in einer Ostsüdost—Westnordwest-Achse der mehrgipflige Kirishima. Ein Maar liegt auf seiner Ostseite. Im Bau des Kegels herrschen bei 500—600 m Höhe Tuffe, dann Lapilli und Lavaströme.

Die Ausbrüche der Kirishimadake sind:

|                |                |                                   |      |               |                    |
|----------------|----------------|-----------------------------------|------|---------------|--------------------|
| 742            | 806—809        | 945                               | 1112 | 1235 18. Jan. | 1524               |
| 788 14. April  | 810—823        |                                   | 1167 |               | 1554               |
|                | 824—834        |                                   | 1174 |               | 1566               |
|                | 834—847        |                                   |      |               | 1574 Jan., Febr.   |
|                | 848—850        |                                   |      |               | 1585 28. Nov.      |
|                | 851—853        |                                   |      |               | 1587 24. Mai       |
|                | 854—856        |                                   |      |               | 1588 4. April      |
|                | 857—858        |                                   |      |               | 7                  |
|                | 54 Jahre       |                                   |      |               |                    |
| 1677           | 1706 24. Jan.  | 1880                              |      |               | 1900 16. Febr.     |
| 1678 28. Febr. | 1716 9. Nov.   | 1887                              |      |               | 1903 29. Aug.,     |
|                | 1717 Febr. bis | 1889 18. Dez.                     |      |               | 25. Nov.           |
|                | 1719           | 1894 25. Febr.                    |      |               | 1913 Juni, 8. Nov. |
|                | 1720           | 1895 16. Juli, 16. Okt., 18. Dez. |      |               | 9. Dez.            |



|      |                                    |              |
|------|------------------------------------|--------------|
| 1772 | 1896 15. März, 26. April, 21. Dez. | 1914 8. Jan. |
| 7    | 1897 4. Sept.                      |              |
|      | 1898 8. Febr., 11. März, 30. Dez.  |              |
|      | 1899 28. Juli, 12. Sept., 13. Okt. |              |
|      | 7. Nov.                            |              |
|      | 9                                  |              |

Die Phase des Vulkans hat den vulcanianischen Charakter ebenfalls nie überschritten. Die Ausbrüche sind explosiver Natur, Lavaströme wurden nicht gefördert.

Im 9. Jahrhundert hebt sich ein steiles Maximum der Ausbruchshäufigkeit heraus. Die Berichterstattung weist zu grosse Lücken auf, um ein sicheres Bild zu gewinnen. Von 1880 ab erscheint ein zweites Maximum, das noch anhält. Die Gesteine sind Andesite.

Der grösste und tätigste Vulkan der Zone, der von Kotô eingehend beschrieben wurde, ist der Sakurashima 1135 m, in der Kagoshimabai gelegen. Nach der Eruption 1914 1120,2 m (Omori), 1133,5 m (Kotô). Die Kagoshimabai ist ein Einbruchskessel innerhalb der Plateauformation von elliptischer Gestalt mit den Durchmessern 12 km Ostsüdost—Westnordwest und 20 km senkrecht dazu. Der Innenrand des Kessels fällt im Westen der Insel 120 m, im Norden 260—280 m ab. Die Umwallung der Bucht ist aber nicht etwa ein Sommayall, es fehlen ihm die periklinalen Tuffbänke. Die Insel etwa in der Mitte der Bucht trägt den zentralen Vulkan von der Grössenordnung des Vesuv. Der Vulkan, ein mehrachsiger Zentralvulkan, besitzt drei Gipfel. Der zuerst entstandene, nördlichste ist der Kitadake 1135,5 m (Mihachi), es folgt der Nakadake 1000 m, als jüngster, denn er reitet auf dem Rande des Minamidake 1070 m, des dritten, südlichsten Gipfels. Eine Anzahl Nebenkegel sind noch zu erwähnen: der Hikinohira 553 m im Westen und der Nabe-yama-Schlackenkegel 528,4 m im Südosten. Die der Insel im Norden vorgelagerten kleinen Inseln werden auf die im Dezember 746 beginnende Ausbruchperiode zurückgeführt. Omori schreibt die Entstehung des Schlackenkegels des Nabe-yama dem Ausbruch des Jahres 1471 zu.

Aus der Geschichte des Vulkans heben sich drei grosse Eruptionen mit gewaltiger Lavaförderung heraus. Die erste vom Jahre 1468—1476 (Bummei-Ära) lieferte zwei Flankenergüsse gegen das Vorgebirge Moëzake im Süden und Ost-Moëzake im Osten. Die zweite beträchtliche Lavaförderung fand 1779—1781 (Anei-Ära) statt. Ein Strom floss vom Minamidake gegen Süden, der andere Flankenguss floss gegen das Dorf Komen nach Norden ab. Die dritte und grösste Eruption war die Flankeneruption von 1914. Der eine Strom floss vom Hang des Hikinohira 2,5 km östlich von Yoko-yama in 400 m Höhe gegen Westen in das Meer, der andere vom Nabe-yama gegen Südosten und stellte die Verbindung der





Vulkan Sakurashima nach B. Kotô (Journ. Coll. Sc. Imp. Un. Tokyo, Vol. 38).



Insel mit der Halbinsel Osumi her und füllte die 500 m breite und 70 m tiefe Meerenge aus. Die Lava war Blocklava. Besonderes Interesse verdienen die trigonometrisch festgestellten Niveauverschiebungen durch die letzte Eruption. Nach Omori hat der zentrale Teil der Insel eine Hebung erfahren, deren Maxima + 10,4 m nicht allzuweit von der Bocca des Südoststromes und + 9,7 m von der des Oststromes abliegen. Das Hebungsgebiet ist von Senkungen umgeben, die bis — 2 m erreichen.

Die Phase stieg bis zur vulcanianischen und strombolianischen, auch die peleanische mit absteigenden Glutwolken wurde beobachtet. Die Temperatur der Lava betrug 1130°.

Die Förderung berechnet sich auf 620.10<sup>6</sup> cbm Lockerprodukte sowie im Westen auf  $\frac{1}{3}$  cbm, im Osten auf  $1\frac{1}{4}$  cbm Lava. Kotô berechnet 1,1410 cbkm Lava.

#### Ausbrüche des Sakurashima:

|  |       |                                  |              |
|--|-------|----------------------------------|--------------|
| 708  | 1185? | 1468 Bummei-Ära                  | 1642 6. Mai  |
| 716  | 1190? | 1471 3. Dez. (Omeozakistrom)     | 1678 1. März |
| 717  |       | 1473 Juni                        |              |
| 718  |       | 1475 24. Sept. (Moëzakistrom)    |              |
| 764  |       | 1476 8. Okt.                     |              |
| 766  |       | 1478                             |              |
| 1706 Jan.                                  |       | 1860, 1876, 1878/79 schwach      |              |
| 1742 6. April                              |       | 1914 12. Jan. Explosionsausbruch |              |
| 1749 Sept.                                 |       | 13. Jan. Lavafluss. Im April     |              |
| 1756                                       |       | trat die Ruhe wieder ein.        |              |
| 1766 5. Juni, 27. Juli                     |       |                                  |              |
| 1779 9. Nov. grosser Ausbruch der Anei-Ära |       |                                  |              |
| 1786 9. Sept., 30. Okt.                    |       |                                  |              |
| 1781 Submariner Ausbruch bei Moëjima       |       |                                  |              |
| 1782 Submariner Ausbruch an der Küste      |       |                                  |              |
| von Komen                                  |       |                                  |              |
| 1783 3. Sept.                              |       |                                  |              |
| 1785 20. Nov.                              |       |                                  |              |
| 1790 29. Juli                              |       |                                  |              |
| 1791 11. Sept.                             |       |                                  |              |
| 1792                                       |       |                                  |              |
| 1794                                       |       |                                  |              |
| 1797                                       |       |                                  |              |
| 1799 27. April.                            |       |                                  |              |

Die Laven des Sakurashima sind typische Hypersthenandesite, die nach 1779 führen Olivin (Analysen Nr. 5—16 S. 131). Sie sind etwas basischer als die der süd-japanischen Vulkane. Die Intensität hat im Laufe der Zeit eine geringe Steigerung erfahren. Ein Vergleich der Lava von 1476 mit der von 1914 lehrt, dass letztere basischer ist, also wohl aus grösserer Tiefe stammt. Kotô nimmt den Herd in 1000 m Tiefe, 500 m unter dem Meeresboden an. Er läge demnach innerhalb der mesozoischen



Schiefer. In der Tat sind gefrittete Granitwürfliche gefördert worden, die in Kyūshyū in den mesozoischen Schiefen stecken. Die Flanken-eruptionen deutet Kotō durch satellitische Seiteninjektionen. Da das Magma, verglichen mit der Moëzakilava, wieder basischer geworden ist, muss neue Magmazufuhr stattgefunden haben.

Abb. 10.



Weiter nach Süden folgt der Kaimondake 927 m mit einer Staukuppe im zentralen Krater. Ausbrüche werden von 80, 860, 874, 884, 885, 1615 genannt.

Nunmehr verlässt der Vulkanbogen Japan, Vulkaninsel reiht sich wie im Kurilenbogen an Vulkaninsel.

Iwojima 782 m (Iwogajima, Okinokojima, Kagaigashima) ist für die Schwefelgewinnung von Bedeutung. Der Vulkan ist solfatarisch tätig, letzte Explosion 1914 31. März (Kotō). Kuchinoerabujima 704 m (Kuchinoe-Yerabushima) ebenfalls nur solfatarisch tätig. Explosionen aus den Jahren 1813, 1839 und 13. Febr. 1914.

• Die folgenden Inseln sind untätig. Nakanoshima 1037 m besitzt eine Solfatara. Suwanosejima (Moëshima) 825 m ist wiederum tätig. Explosionen 813, 1811, 1827, 1887, 1912, 21. März, 1914, 1915 (Kotō).

Die weiter nach Süden folgenden Inselchen sind meist erloschen. Nur Torishima 165 m ist solfatarisch tätig. Ausbrüche werden von 1796 und 1868, gesteigerte Tätigkeit 11. April 1903 gemeldet.

Mit Agunijima findet der Vulkanbogen sein Ende.

Sapper zitiert nach Noack einen submarinen Ausbruch in der Gegend von Crag 25,4 Grad nördl. Br., 122,2 Grad östl. L. Näheres ist nicht bekannt.

Auf Taiwan ist die erloschene Vulkangruppe des Taitonsan 1045 m mit dem solfatarisch tätigen Shichiseitonsan (Paulowsan) 1109 m nicht zum Ryūkyūbogen zu rechnen, sondern zur cantalitischen Vulkanzone. Die Pescadores Inseln mit ihren Titanaugitbasalten sind atlantische Region.



## Süd-japanische Vulkanbögen und Ryūkyūbögen.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1     | 2     | 3      | 4     | 5     | 6                    | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13    | 14     | 15    | 16    |
|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 56,08 | 62,38 | 63,68  | 54,66 | 65,31 | 60,59                | 62,24  | 60,65  | 61,62  | 60,91  | 58,93  | 61,95  | 60,38 | 63,39  | 62,38 | 77,35 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,31  | 0,99  | 0,93   | —     | 0,91  | 0,71                 | 0,73   | 0,81   | 0,79   | 0,77   | 0,93   | 0,83   | —     | 0,57   | 0,86  | 0,20  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | 0,29  | 0,38   | 0,10  | 0,06  | 0,08                 | 0,24   | 0,20   | 0,23   | 0,26   | 0,30   | 0,25   | 0,14  | 0,20   | 0,39  | 0,08  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18,12 | 15,86 | 16,18  | 14,79 | 15,62 | 17,77                | 16,26  | 17,22  | 16,27  | 16,73  | 16,09  | 16,45  | 18,10 | 16,75  | 17,77 | 12,16 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,46  | 1,01  | 0,93   | 8,56  | 1,92  | 1,23                 | 2,63   | 2,64   | 2,45   | 2,88   | 2,94   | 1,66   | 8,49  | 3,10   | 0,44  | 0,81  |
| FeO                            | 6,97  | 4,33  | 4,62   | —     | 3,50  | 5,59                 | 4,01   | 4,14   | 4,14   | 4,06   | 4,57   | 4,07   | —     | 4,10   | 4,53  | 1,09  |
| MnO                            | 0,34  | 0,10  | 0,02   | 0,63  | 0,15  | 0,24                 | 0,09   | 0,18   | 0,12   | 0,17   | 0,17   | 0,07   | —     | —      | 0,076 | 0,05  |
| NiO                            | —     | —     | —      | —     | —     | —                    | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | 0,05  | —     |
| MgO                            | 3,13  | 2,92  | 2,25   | 0,80  | 1,35  | 2,39                 | 2,58   | 2,38   | 2,41   | 2,60   | 3,32   | 2,41   | 3,98  | 1,43   | 1,80  | 1,26  |
| CaO                            | 7,14  | 4,83  | 4,84   | 6,08  | 4,78  | 6,34                 | 6,03   | 6,05   | 5,98   | 6,39   | 6,95   | 6,08   | 6,01  | 5,38   | 5,01  | 0,90  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,02  | 3,65  | 3,31   | 3,62  | 3,34  | 3,04                 | 3,42   | 3,70   | 3,94   | 3,51   | 3,81   | 3,77   | 0,56  | 3,50   | 4,08  | 2,43  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,50  | 2,49  | 2,59   | 2,30  | 2,27  | 1,68                 | 1,91   | 2,06   | 2,03   | 1,97   | 1,91   | 2,11   | 0,46  | 1,32   | 1,85  | 2,67  |
| Cl                             | —     | —     | —      | —     | —     | —                    | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0,07  | —      | 0,065 | —     |
| S                              | —     | —     | —      | 3,16  | —     | SO <sub>2</sub> 0,23 | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | 0,04  | —     |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,15  | 1,36  | 0,31   | 3,93  | 0,37  | 0,59                 | 0,19   | 0,27   | 0,34   | 0,13   | 0,22   | 0,29   | —     | 0,63   | 0,55  | 0,52  |
| H <sub>2</sub> O —             | —     | —     | —      | —     | —     | —                    | 0,05   | 0,09   | —      | 0,03   | 0,07   | 0,11   | —     | —      | 0,33  | —     |
| Sa.                            | 99,22 | 99,51 | 100,02 | 98,92 | 99,58 | 100,48               | 100,38 | 100,39 | 100,32 | 100,41 | 100,21 | 100,05 | 97,89 | 100,37 | 99,22 | 99,82 |

Spez. Gew. .

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13               | 14    | 15    | 16    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 62,32 | 69,10 | 69,39 | 65,82 | 71,94 | 66,33 | 67,86 | 65,65 | 67,36 | 66,61 | 64,33 | 67,66 | nicht berechnet. | 70,15 | 68,65 | 83,24 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,09  | 0,80  | 0,79  | —     | 0,75  | 0,59  | 0,60  | 0,67  | 0,65  | 0,63  | 0,76  | 0,68  | —                | 0,46  | 0,71  | 0,19  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | 0,13  | 0,20  | 0,05  | 0,03  | 0,04  | 0,11  | 0,10  | 0,10  | 0,12  | 0,14  | 0,12  | —                | 0,08  | 0,18  | 0,04  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,84 | 10,37 | 10,40 | 10,48 | 10,12 | 11,43 | 10,43 | 11,12 | 10,46 | 10,76 | 10,33 | 10,58 | —                | 10,88 | 11,50 | 7,75  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,03  | 0,40  | 0,39  | —     | 0,79  | 0,53  | 1,07  | 1,09  | 1,00  | 1,18  | 1,25  | 0,68  | —                | 1,26  | 0,18  | 0,32  |
| FeO                            | 6,45  | 3,99  | 4,19  | 7,72  | 3,21  | 5,12  | 3,64  | 3,79  | 3,77  | 3,70  | 4,10  | 3,70  | —                | 3,78  | 4,15  | 0,97  |
| MnO + NiO                      | 0,32  | 0,06  | —     | 0,64  | 0,14  | 0,20  | 0,08  | 0,16  | 0,11  | 0,16  | 0,16  | 0,07  | —                | —     | 0,09  | 0,06  |
| MgO                            | 5,21  | 3,72  | 3,66  | 1,45  | 2,23  | 3,94  | 4,32  | 3,92  | 3,95  | 4,26  | 5,44  | 3,95  | —                | 2,39  | 2,97  | 2,07  |
| CaO                            | 8,50  | 5,72  | 5,69  | 7,85  | 5,64  | 7,42  | 7,05  | 7,12  | 7,01  | 7,49  | 8,13  | 7,12  | —                | 6,37  | 5,91  | 1,03  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,17  | 3,92  | 3,46  | 4,22  | 3,56  | 3,22  | 3,61  | 3,94  | 4,17  | 3,71  | 4,03  | 3,97  | —                | 3,71  | 4,36  | 2,52  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,07  | 1,79  | 1,83  | 1,77  | 1,59  | 1,18  | 1,33  | 1,44  | 1,42  | 1,38  | 1,33  | 1,47  | —                | 0,92  | 1,30  | 1,81  |

Analyse unvollständig



| Nr. | Gestein              | Magma | Ort   | Lagerung               | Mineral. Zus.             | L     | M     | Q     | A    | C    | Or       | Ab.  | An.  | Analysirer       |
|-----|----------------------|-------|---|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|------|------|----------|------|------|------------------|
| 1   | Quarzbasalt          | IV 7  | Kasa-yama, Prov. Nagato, Honshû                   | Pleist. Kuppe          | bas. Lab. Ol.             | 59,92 | 24,06 | 26,02 | 3,24 | 8,50 | 15,6     | 28,9 | 56,5 | P. Ono           |
| 2   | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Eboshidake, Norikura                              | —                      | Aug. Qu. Mt.              | 64,32 | 17,66 | 18,02 | 5,71 | 4,66 | 22,5     | 48,8 | 28,7 | Yoko-yama        |
| 3   | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Ontake  | —                      | —                         | 62,76 | 16,86 | 20,38 | 5,29 | 5,11 | 22,7     | 44,4 | 32,9 | "                |
| 4   | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Krishinavulkan                                    | Asche                  | —                         | 65,88 | 26,34 | 7,78  | 5,99 | 4,99 | 22,0     | 51,1 | 20,9 | M. Pesca         |
| 5   | Glasiger Pyroxenand. | IVa 7 | Vorgebirge, Moyesake, Sakurashima                 | Lava von 1476          | —                         | 61,08 | 12,50 | 26,42 | 5,15 | 4,97 | 20,8     | 46,7 | 32,8 | L. Hezner        |
| 6   | Olivinhypersphenand. | IVa 7 | Nabe-yama, Landlava, Sakurashima                  | Lava von 1914          | Lab. Hy. Aug. Ol. Mt.     | 63,32 | 19,30 | 17,38 | 4,40 | 7,03 | 14,9     | 40,7 | 44,7 | S. Tanaka        |
| 7   | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Sakurashima, östlicher Strom                      | Lava von 1914          | —                         | 61,48 | 19,00 | 19,52 | 4,94 | 5,49 | 17,1     | 47,4 | 35,5 | L. Hezner        |
| 8   | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Sakurashima, östlicher Strom                      | Lava von 1914          | —                         | 66,00 | 18,50 | 15,50 | 5,38 | 5,74 | 17,3     | 43,2 | 34,5 | "                |
| 9   | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Sakurashima, Seitenkrater im Osten                | Brotkrusten-bombe 1914 | —                         | 64,20 | 19,94 | 15,06 | 5,59 | 4,87 | 17,5     | 52,5 | 30,0 | "                |
| 10  | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Sakurashima, wahrscheincl. Westen                 | Lava 1914              | —                         | 63,40 | 19,88 | 16,72 | 5,09 | 5,67 | 17,7     | 46,9 | 35,4 | "                |
| 11  | Pyroxenandesit       | IVa 7 | Sakurashima, westlicher Strom                     | 1914                   | —                         | 62,76 | 25,72 | 11,52 | 5,36 | 4,97 | 16,7     | 51,3 | 32,0 | "                |
| 12  | Pyroxenandesitasche  | IVa 7 | Sakurashima                                       | 1914                   | —                         | 64,08 | 19,40 | 16,52 | 5,44 | 5,14 | 18,5     | 49,4 | 32,1 | "                |
| 13  | Pyroxenandesitasche  | IVa 7 | Sakurashima                                       | 1914                   | —                         | —     | —     | —     | —    | —    | —        | —    | —    | Eng. Coll. Tokyo |
| 14  | Pyroxenandesitasche  | IVa 7 | Normalschule von Kagoshima                        | Asche 1914             | —                         | 62,04 | 12,58 | 25,38 | 4,63 | 6,25 | 12,0     | 47,8 | 40,2 | Kotô             |
| 15  | Pyroxenandesitasche  | IVa 7 | Kurokami, Sakurashima                             | Asche 1914             | —                         | 68,64 | 14,56 | 16,80 | 5,66 | 5,84 | 18,1     | 51,2 | 33,7 | I. B. Ferguson   |
| 16  | Ceramicit            |       | Porzellanartige Auswürflinge des Sakurashima 1914 | —                      | Cordierit Plag. Hy. Glas. | 41,15 | 6,20  | 52,65 | 4,33 | 1,03 | f = 2,39 | —    | —    | Ohashi           |

Literatur: 1. S. Kôzu, Journ. of. Geol. 19, 1911, S. 561—565. 2—3. Washington II, S. 397. 4. M. Pesca, Mitt. Deutsch. Ges. Nat. u. Völk. Ostasiens, 6, 1896, S. 343—351. 5. 7—12. J. Friedländer, f. Vulk. IV, S. 202. 6. 13. 14. 16. Kotô, Journ. Coll. Science. Imp. Un. Tokyo 37, 1916, S. 180. 15. F. A. Perret, Zeitschr. f. Vulk. II, S. 90.



#### IV. Der Fuji-Boninbogen.

Der am weitesten gegen Osten vorgeschobene Vulkanbogen ist der Fuji-bogen. Im Querbruch tritt er mit dem nordjapanischen Vulkanbogen in Flankenkettung und bildet das dominierende Glied. In ihm herrschen spezifisch schwere Alboranite, anorthitreiche Laven.

Der Bogen beginnt mit dem Yake-yama (Fchigo) 2410 m (Yakedake), einem Andesitvulkan, der nach S. Powers am 6. Juni 1915 7 Uhr morgens einen Ausbruch hatte, der in einer Serie von Gasexplosionen bestand, mit Schlammstrom im Gefolge. Bomben wurden nicht ausgeworfen.

Mijokosan 2454 m von dem Milne Solfataren erwähnt, 26 km von der Westküste entfernt, Kurhime-yama 1982 m, Jizuna-yama 1836 m und ein älterer Vulkan, dessen Eruptionen Yamazaki in das Miozän verlegt, Kenashi-yama, Iwasuge-yama 2515 m, Henno-mine 1804 m sind zu nennen.

Von größerer Bedeutung ist der Shiranesan bei Kusatsu 2253 m. Der Shirane (weisser Berg) liegt nordöstlich von dem berühmten Schwefelbad Kusatsu. Der Yuganakrater ist solfatarisch tätig. Bemerkenswert ist sein Ausbruch am 6. Aug. 1882, 1 Uhr morgens. Eine zylindrische Masse von 200 m Durchmesser, die aus Schutt, Schlamm und Gesteinsstaub bestehende Schlotausfüllung, wurde gleich einem Champagnerpropfen herausgeschleudert und zerstäubt, grössere Blöcke auf 2 km Entfernung fortgeschleudert, eine Maarexplosion, die sich den ultravulcanianischen Eruptionen einreihen lässt. Von der Bandaiexplosion, die sich längs einer Spalte abspielte, unterscheidet sich die Shiraneexplosion durch ihren zentralen, punktförmigen Ausgang. Eine ähnliche Explosion soll sich 70 oder 80 Jahre vorher abgespielt haben.

Im Brennpunkt mit dem Bandaibogen erhebt sich das aktive Zentrum des Asama-yama 2480 m. Die Kreuzungsstelle ist bei den Zonen durch eine Verdoppelung der Vulkanreihen, die sich gitterförmig durchdringen, ausgezeichnet. Der Asama ist ein Sommayvulkan. Der Sommarand ist im Westen im Kenyamine als zusammenhängendes Viertelkreissegment erhalten, vereinzelte Reste finden sich im Süden. Der Krater dieses Vulkanriesen ist 1000 m im Durchmesser und sehr tief. Im Osten findet sich ein zweiter Krater, der Ko-Asama-yama (Sohn des Rauchbergs). Der Berg hat eine sehr wechselreiche Geschichte hinter sich. Der Ausbruch der Temmeiära, 9. Mai 1783, gehört zu den grössten vulkanischen Ereignissen der geschichtlichen Zeit in Japan. Nach einer fünfjährigen Pause entstieg dem Krater gewaltige Dampf- und Aschenmassen. Die Lava durchbrach die Kraterwand und floss mit 3 km Stundengeschwindigkeit durch das Tal der Adzumagawa in einem 63 km langen Strom ab.

Der Ausbruch förderte 0,9 cbm Asche und 0,3 cbm Lava.



Es werden folgende Ausbrüche vermerkt:

|                                 |           |                     |                               |
|---------------------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|
| 685                             | 1108      | 1527 Mai            | 1605 Dez.                     |
|                                 | Aug.—Okt. | 1528                | 1644 20. Febr.                |
|                                 |           | 1532                | 1645 24. Febr., 21. Mai.      |
|                                 |           | 1596 1.—6. Mai.     | 1647 18. Febr., 25. März.     |
|                                 |           |                     | 1648 22. März, 29. Aug.       |
|                                 |           |                     | 1649 17. Aug.                 |
|                                 |           |                     | 1651 12. April.               |
|                                 |           |                     | 1652 12. April.               |
|                                 |           |                     | 1655 25. Nov.                 |
|                                 |           |                     | 1656 10. Dez.                 |
|                                 |           |                     | 1657 25. Okt.                 |
|                                 |           |                     | 1658 24. Juli.                |
|                                 |           |                     | 1659 25. Juli.                |
|                                 |           |                     | 1660 8. April.                |
|                                 |           |                     | 1661 14., 27. April, 21. Okt. |
|                                 |           |                     | 1669                          |
| 1704 5. Febr.                   |           | 1803 4. Juli.       | 1901                          |
| 1706 20. Nov.                   |           | 1815 28. Febr.      | 1902                          |
| 1708 29. Dez.                   |           | 1866                | 1904                          |
| 1710 13. April.                 |           | 1869                | 1908                          |
| 1711 12. April.                 |           | 1875 14. Juni.      | 1909                          |
| 1717 23. Sept.                  |           | 1879 27., 28. Sept. | 1910                          |
| 1718 26. Sept.                  |           | 1889                | 1911                          |
| 1719 4. Okt.                    |           | 1894                | 1912                          |
| 1720 6. Juni.                   |           | 1899                |                               |
| 1721 22. Juni.                  |           |                     |                               |
| 1722                            |           |                     |                               |
| 1723 5. Febr., 20. Aug.         |           |                     |                               |
| 1728 10. Sept.                  |           |                     |                               |
| 1729 Sept.                      |           |                     |                               |
| 1732 30. Juli.                  |           |                     |                               |
| 1733 30. Juli.                  |           |                     |                               |
| 1754 7., 19. Aug.               |           |                     |                               |
| 1776 5. Sept.                   |           |                     |                               |
| 1777                            |           |                     |                               |
| 1783 9. Mai, 5. Aug. Lavastrom. |           |                     |                               |

Die Eruptionen des Vulkans bestanden meist in Explosionen. Ein Maximum hebt sich im 18. Jahrhundert ab, das in dem oben geschilderten Temmeiausbruch gipfelt und zu gewaltiger Lavaförderung führte.

Nach einer Pause von 130 Jahren mit relativer Ruhe begann am 26. Mai 1908 eine neue Eruptionsperiode. 1909 zählte 70 Eruptionen vulcanianischen Types. Am 16. Juli 1912 hob sich der Kraterboden, Bimssteine, Blöcke neuer Lava wurden gefördert.

Die Asamalaven sind Andesite, von häufig doleritischem Gefüge. Unter den Auswürflingen beobachtete Weinschenk granatführende Glimmerandesite.



Die Fortsetzung des Bogens führt über den Tateshina-yama 2530 m am Suwasee, Yatsugatake 2932 m, Kayagatake 1240 m zum Fujinoyama (Fujisan) 3778 m.

Der Fuji, das Wahrzeichen Japans, liegt inmitten eines Kesselbruches. Dioritzüge von postmesozoischem Alter, sie haben die mesozoischen Misakataffe im Kontakt verändert, umgeben den Vulkan konzentrisch. Die Abbildungen des Vulkans übertreiben die Steilheit der Böschung des Kegels. Rein bestimmte die Böschung in den tiefsten Regionen zu 12—13 Grad, in der Waldzone, 1500—2400 m zu 23—24 Grad und den letzten Kegel zu 25—30 Grad, im Maximum 35 Grad. Der Kegel endet in eine wellenförmige Ebene mit Schlackenmassen, Lava und Lapillihügeln. Der höchste Punkt Kengamine (Schwertspitze) 3778 m liegt im Westen, der Komagatake (Fohlenberg) im Süden. Ein nahezu kreisrunder Krater von 400—500 m Durchmesser fällt 167 m fast senkrecht ab.

Ausbrüche sind aus den Jahren bekannt:

|                                    |               |                                   |
|------------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 781                                | 1033 Jan.     | 1700                              |
| 799 23. April, Lava 32—35 km lang. | 1329 12. Aug. | 1707 16. Dez., gewaltiger Aschen- |
| 800 29. März—27. Mai.              | 1331          | ausbruch.                         |
| 802 6. Febr.                       | 1560          | 1792                              |
| 864 8. Juni, Lava.                 | 1627          |                                   |
| 937 Nov., Lava.                    | 1649          |                                   |

Auch die Gesteine der Fuji gehören noch zur Andesitfamilie. Der Berg ist im wesentlichen im Pliozän und Pleistozän aufgebaut worden. Weiter folgen in der Zone Ashikata-yama 1187 m und Omuro-yama 581 m in Izu, nördlich von Yawetano, ferner der Amagisan 1386 in Izu, der dreigipflige Hakone-yama 1356 m, der Higanesan 803 m bei Izusan und Atami.

Das Atamigebiet ist durch seinen Geysir bekannt, der im I. Bd. S. 607 beschrieben ist.

Nun verläßt der Bogen Japan, um in den Ozean einzutreten. Die Fortsetzung findet sich in der Insel Ooshima (Vriesland).

Im spitzen Winkel zweigt sich von Udoneshima das Izubogenfragment ab und verläuft über die kleineren Izuinseln Niijima, Shikineshima, Kozushima bis Sambondake, vor der Bucht von Tokio.

Die Inseln sind submariner Entstehung und aus sauren Gesteinen liparitischen und dazitischen Charakters aufgebaut. Die Liparite sind tertiär, aber jünger als die basischen Laven des Fujibogens. Heisse Quellen sind die letzten Spuren vulkanischer Tätigkeit. Kozushima besitzt drei längst erloschene Eruptionszentren, den Tenjo-yama 510 m, den Takodo-yama 290 m und den Chichibu-yama 290 m. Auf der Insel fand B. Kotô<sup>1)</sup> einen Barkevikitrhyolith. Damit wäre die Grenze der andesitischen Provinz erreicht.

<sup>1)</sup> B. Kotô. Journ. Sciences Univ. Tokyo 32. 1911—1913. VI.



Sambodake ist die Ruine eines Andesitvulkans.

Der Hauptbogen ist zunächst noch als Doppelreihe erkennbar.

Ôshima (Vriesland) besteht nach Friedlaender aus einem älteren Andesitsockel, der aus 1160—1860 m tiefem Meer herausragt und im Osten mit einem Steilrand abbricht. Sein Alter mag noch tertiär sein.

Die jüngeren Ausbruchspunkte liegen längs einer Hauptspalte. Der Kulminationspunkt ist der Somnavulkan Mihara-yama 755 m. Das älteste Gebilde der jüngeren Eruptionsperiode ist der Habukrater 70 m, der 1776 durch eine Sturmflut aufgerissen wurde. Es folgen die Ausbrüche aus dem Futago-yama 618 m und die Bildung der Mihara-yama-Somma.

Der innere Kegel dieses Hauptvulkans ist die heute tätige Esse.

|   |  |              |
|---|--|--------------|
| 684 (Lava ?)  | 1112 19. Nov. bis Dez.   | 1600—1601    |
| 838 Juni bis Sept.  | 1416   | 1612—1613    |
| 872 Nov.  | 1421   | 1636—1637    |
| 886 24. Mai.  |  | 1684 Lava.   |
| 1777 29. Juni, 7., 29. Aug., 6. Sept.,<br>29. Okt.                | 1803<br>1822   | 1910 8. Dez. |
| 1778 Lava 22. April, 18., 21. Sept.,<br>17., 21. Nov. (3 Ströme.) | 1837 starker Ausbruch.<br>1846   |              |
| 1796 31. Juli.  | 1854 Mai.<br>1869<br>1870 submarin im Südosten.<br>1876 Lava (Strombol. Erupt.)<br>1889 13. April. |              |

Der letzte Ausbruch begann März 1912 und erreichte sein Maximum am 3., 4., 5. April mit strombolianischen Eruptionen von 10 Sekunden, vom 27.—29. Juli Lavaerguss, der sich am 16. Sept. wiederholte. Lavaförderung 22 000 cbm. 1914 18.—22. Mai wiederum heftiger Lavaerguss.

Die Phase des Vulkans erreicht die strombolianische gelegentlich. Lavaergüsse sind nicht selten.

Die Laven von Ôshima sind Pyroxenandesite. Von Ôshima existiert eine ältere, allerdings wenig Vertrauen erweckende Analyse von Korschelt Nr. 5, die, wenn sie richtig ist, ein trachydoleritisches Gestein, einen Orthoklasbasalt anzeigen würde. Das Erscheinen derartiger Gesteine wäre möglich, da die Grenze der pazifischen Region nahe liegt. Die Vorkommen bedürfen der Nachprüfung. Aus diesem Grunde wurde die Analyse aufgenommen, obschon ich sie für unrichtig halte.

Toshima und Udoneshima werden hier als Vulkaninseln der Parallelreihe aufgefasst, die den westlichen Zug Fuji-Ashitaka-yama, Amagisan fortsetzen. Die Zuteilung von Vulkanen zu bestimmten Linien bleibt Sache der Auffassung, da derartige Linien, zumal bei bedecktem Untergrund, nicht durch Beobachtung verfolgt werden können, und zielen nur darauf hin, ein Einordnungsprinzip zu gewinnen.



Toshima 460 m ist ein nicht tätiger Andesitvulkan, die Lava ist ein basischer, anorthitreicher Pyroxenandesit. Analyse 11, S. 139.

Udoneshima 200 m ist das randliche Reststück eines submarinen Kraters, der einen Durchmesser von 2—3 km besessen hat.

Die Laven sind ebenfalls Anorthitpyroxenandesite. Analyse 12.

Die nächste Insel ist Miyakeshima. Der Andesitsockel kommt nicht mehr zum Vorschein. Der Miyake ist ein Somnavulkan mit einem 800 m hohen, gutenhaltenen Sommarand. Der Boden des Atriums liegt in etwa 700 m Höhe und ist mit Lapilli und Schlacken bedeckt.

Der zentrale Kegel erhebt sich bis 760 m im Norden und 780 m im Süden und besitzt einen flachen Krater, in dem einst ein Lavasee bestanden hat. Im Westen findet sich ein runder, 500 m im Durchmesser betragender Einbruch, den man als dritten Krater ansprechen kann.

Die Eruptionen sind:

|                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| 1469 15. Dez.       | 1712 4. Febr.                       |
| 1535 März           | 1811 27. Jan.                       |
| 1595 22. Nov.       | 1835 11.—29. Nov. Lava.             |
| 1642 31. Mai. Lava. | 1874 3.—5. Juli. Grosse Lavaströme. |
|                     | 1876 3. Juli.                       |

Die bedeutendste Eruption war die vom Jahre 1874, ein nördlicher Flankenausbruch, der einen grossen Lavastrom bei Kamitsuki ins Meer strömen liess. Nach Kikuchi hat die Explosion von 1874 zahllose lose Anorthitkristalle ausgestossen. Die Laven der Insel werden als Anorthitbasalte beschrieben. Analyse 6—8. Da sie aber einen beträchtlichen Überschuss an Kieselsäure besitzen, sind die Gesteine besser zu den Pyroxenandesiten zu stellen. Ihre Eigenart besteht in den dem Anorthit nahestehenden Plagioklasen. Als Mijakit beschrieb Petersen eine durch einen triklinen Manganaugit ausgezeichneten Andesit von dieser Insel. Diese lokale Mangananreicherung rechtfertigt nicht die Aufstellung eines besonderen Gesteinsnamens. Auch dieses Gestein gehört zu den Anorthitpyroxenandesiten.

Mikurashima 859 m ist ein erloschener Andesitvulkan.

Hachijoshima (Tatsisio) besitzt zwei Hauptkegel, Nishi-yama 868 m und Mihara-san im Zentrum. Der erstere war nach Milne 1789—1801 solfatarisch tätig. Am 30. April 1783 erfolgte ein Ausbruch aus dem Ikenosawatal. Die Lava war wiederum ein Anorthitandesit. Anorthitwürflinge sind auf der Insel gleichfalls gefunden worden.

Aogashima. Yoshiwara nennt Ausbrüche aus den Jahren 1652, 1670, 1780, 1781, 1783, 1785.

Bayonnaisejima sind Reste eines submarinen Vulkans.

Am 14. April 1905 beobachtete nach Wakimizu ein japanisches Kabelschiff 10 Seemeilen südsüdöstlich von Bayonnaisejima einen subma-



ringen Ausbruch. Die aufgefischten Bimssteine sind bytownitreiche Hypersthenandesite. 30 Seemeilen südöstlich Aogashima fand am 30. Juni 1915 ein submariner Ausbruch statt.

Kanzanjima, Smithjima sind Reste andesitischer submariner Vulkane.

Ponafidininsel (Mitsugojima). Die Insel ist ein alter andesitischer Somnavulkan mit einem Rand von 300 bis 340 m Höhe. Zwei Barrancos zerreißen den Rand. Das Atrium erreicht 250 m Höhe. Der zentrale Kegel Komochi-yama 352 m besass zwei Krater. Zwei weitere Krater liegen nördlich und südlich vom Hauptkegel. Die Chitoseurabucht ist ein fünfter halbzerstörter Krater.

Alle diese Krater liegen längs einer nordsüdlichen Linie orientiert.

Am 7. und 10. Aug. 1902 sprengte eine Explosion die westlich der Kraterlinie gelegene Hälfte des Komochi-yama fort. Es entstand ein neuer Krater von gestreckter Form, 500:200 m messend. An der Nordküste hatte sich ferner bei Hyoryusato ein neuer Krater gebildet. Die 125 Einwohner der Insel kamen ums Leben. Das geförderte Material wird auf 28 000 000 cbm geschätzt.

Am 11. und 16. Aug. 1902 6 $\frac{1}{2}$  Uhr morgens erfolgte 1 Seemeile südwestlich der Insel eine submarine Eruption.

Lots Weib und Rosario sind Andesitklippen. Diese Gegend ist häufig der Schauplatz submariner Ausbrüche. Sapper zählt in seinem Katalog ferner folgende submarine Ausbrüche auf: Im Frühjahr 1870 beobachtete die „Benefactress“ 200 Seemeilen südöstlich von Ôshima eine submarine Eruption. 6. Mai 1869, 139 Grad östl. L., 31 Grad nördl. Br. bei Smithjima eine 300 m hohe Rauchsäule. 29. März 1871. Südsüdwestlich von Bayonnaisejima und nordöstlich,  $\frac{1}{4}$  nördlich von Smithjima. April 1871. 30 Grad nördl. Br., 140 Grad östl. L., ferner nach Rudolf 141 $\frac{1}{3}$  Grad östl. L., 25 $\frac{1}{3}$  Grad nördl. Br. Viele submarine Ausbrüche mögen sich der Beobachtung entzogen haben.

Es folgt weiter die Gruppe der Sulphurinseln (Volcanoinseln):

San Alessandro (Kita-iwo 772 m Wakimizu). Die Insel besitzt nach Wakimizu zwei Gipfel, die einen Explosionskrater umschliessen. Die Gesteine sind ein agglomeratischer Andesit mit Anorthit, dessen Auslöschung zu — 37° auf 001 angegeben wird.

3 Seemeilen westwestlich von Kita-iwo fand 1889 ein submariner Ausbruch statt.

Sulphurisland (Iwojima oder Naka-Iwojima, Farallon a Fortuna). Die Insel besteht aus drei Einheiten. Einem flachen Teil, der als Sandbank 1 m über die See ragt, dem submarinen Tuffvulkan Moto-yama mit 10 Solfataren, und auf der Südspitze dem 196 m hohen abgestumpften Kegel des Mt. Pipe oder Suribachi-yama. Beide Vulkane stehen in gegen-



## Die Gesteine des Fuji-Boninbogens I.

A. Gewichtsprocente.

|                                | 1      | 2      | 3      | 4      | 5     | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11    | 12                    |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 55,75  | 69,10  | 51,12  | 48,97  | 49,77 | 64,38  | 57,42  | 57,13  | 73,03  | 70,75  | 49,91 | 50,79                 |
| TiO <sub>2</sub>               | —      | —      | —      | —      | —     | 0,51   | 0,60   | 0,80   | 0,05   | 0,53   | 0,87  | 1,01                  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —      | —      | —      | 0,22   | 0,16  | Sp.    | Sp.    | 0,18   | Sp.    | 0,10   | —     | —                     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20,42  | 16,32  | 10,91  | 22,91  | 20,57 | 16,96  | 18,53  | 14,40  | 12,97  | 12,44  | 18,13 | 16,61                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,44   | 3,70   | 21,98  | 4,81   | 6,06  | 1,72   | 1,55   | 6,03   | 0,65   | 2,66   | 3,87  | 6,96                  |
| FeO                            | —      | 1,37   | —      | 4,04   | 5,11  | 3,22   | 5,08   | 5,45   | 0,79   | 0,79   | 5,48  | 3,51                  |
| MnO                            | —      | —      | —      | 0,08   | 0,20  | 0,24   | 0,07   | 0,14   | 0,13   | 0,09   | —     | —                     |
| MgO                            | 3,79   | 1,12   | 2,41   | 3,78   | 5,00  | 1,27   | 4,72   | 3,17   | 0,53   | 0,08   | 6,16  | 7,63                  |
| CaO                            | 8,33   | 5,10   | 10,38  | 13,44  | 10,37 | 5,20   | 4,90   | 6,81   | 0,98   | 0,39   | 9,90  | 10,03                 |
| Na <sub>2</sub> O              | 5,74   | 2,91   | 3,74   | 1,29   | 1,08  | 3,28   | 2,59   | 3,04   | 3,79   | 0,39   | 2,33  | 2,58                  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,90   | 1,06   | 1,64   | 0,47   | 0,84  | 1,60   | 2,15   | 1,41   | 3,38   | 11,51  | 0,37  | 0,52                  |
| H <sub>2</sub> O +             | —      | —      | —      | —      | 0,73  | 1,52   | 2,59   | 1,76   | 3,49   | 0,84   | 2,78  | 0,38                  |
| H <sub>2</sub> O —             | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —                     |
| Sonst. Best.                   | —      | —      | —      | —      | —     | S=0,03 | —      | —      | S=0,04 | —      | —     | CO <sub>2</sub> =0,19 |
| Sa.                            | 102,37 | 100,68 | 102,03 | 100,33 | 99,89 | 99,93  | 100,20 | 100,32 | 99,83  | 100,57 | 99,80 | 100,21                |
| Spez. Gew.                     | —      | 2,456  | 2,555  | 2,805  | 2,642 | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —                     |

B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 59,32 | 75,22 | 54,82 | 54,85 | 56,25 | 71,92 | 63,80 | 64,15 | 81,68 | 79,93 | 55,53 | 56,70 |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,53  | 0,67  | 0,07  | 0,48  | 0,72  | 0,85  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —     | —     | 0,10  | —     | —     | —     | 0,07  | —     | 0,07  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,78 | 10,45 | 6,88  | 15,09 | 13,68 | 11,13 | 12,13 | 9,50  | 8,52  | 8,27  | 11,86 | 10,90 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | —     | 1,51  | —     | 2,02  | 2,57  | 0,74  | 0,67  | 2,56  | 0,27  | 1,15  | 1,61  | 2,91  |
| FeO                            | 5,15  | 1,24  | 17,59 | 3,76  | 4,82  | 2,95  | 4,73  | 5,12  | 0,74  | 0,75  | 5,08  | 3,26  |
| MnO                            | —     | —     | —     | 0,07  | 0,19  | 0,20  | 0,07  | 0,13  | 0,12  | 0,07  | —     | —     |
| MgO                            | 6,05  | 1,82  | 3,87  | 6,34  | 4,48  | 2,14  | 7,87  | 5,33  | 0,87  | 0,13  | 10,25 | 12,77 |
| CaO                            | 9,50  | 5,95  | 11,86 | 16,13 | 12,56 | 6,23  | 5,87  | 8,16  | 1,21  | 0,47  | 11,80 | 12,00 |
| Na <sub>2</sub> O              | 5,91  | 3,07  | 3,86  | 1,40  | 0,92  | 3,55  | 2,80  | 3,30  | 4,10  | 0,41  | 2,51  | 0,56  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,29  | 0,74  | 1,12  | 0,24  | 0,53  | 1,14  | 1,53  | 1,01  | 2,42  | 8,27  | 0,64  | 0,05  |



| Nr. | Gestein                         | Mag-<br>ma | Ort                              | Lagerung       | Mineralog.<br>Zusammen.        |
|-----|---------------------------------|------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|
| 1   | Augitandesit? Trachydolerit?    | III 3      | Utsu Pass, geg. Miôgisan, Kozuke | Pliozän        | Plag. Aug. Mt.<br>kein Ol.     |
| 2   | Dazit                           | IVa 9      | Izusan bei Atami                 | Pleistozän     | Plag. San.<br>Trid. Aug.-Hy.   |
| 3   | Basalt?                         | III 2      | Funabara                         | Pliozän        | bas. Plag.<br>Aug. Ol.         |
| 4   | Pyroxenandesit, Anorthitdolerit | IV 7       | Tonosawe bei Hakone              | Pliozän        |                                |
| 5   | Pyroxenandesit Anorthitdolerit  | VI 7       | Fuji-no-yama                     | Pliozän        |                                |
| 6   | Dazit                           | IVa 9      | Hakachi, Mihamamura Izu          | Plioz.-Pleist. |                                |
| 7   | Andesit                         | IVa 7      | Takahama, Izu                    |                |                                |
| 8   | Andesit                         | IVa 7      | Kashima, Izu                     |                |                                |
| 9   | Rhyolith                        | III 8      | Shimoda, Izu                     | Plioz.-Pleist. |                                |
| 10  | Rhyolith (Comendit)             | I 8        | Manzo-yama, Shimodabai           | Plioz.-Pleist. |                                |
| 11  | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Insel Toshima, 60 m v. Gipfel    | Rezent         | Lab. Byt. Aug.<br>Bi. Ol. Erz. |
| 12  | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Udoneshima, Insel                | Pleistozän     | Lab. Byt. Aug.<br>Ol. Erz.     |

| Nr. | L     | M     | Q       | A    | C     | K <sub>2</sub> O<br>Or | Na <sub>2</sub> O<br>Ab | oder:<br>An |                   | Analytiker   |
|-----|-------|-------|---------|------|-------|------------------------|-------------------------|-------------|-------------------|--------------|
| 1   | 79,92 | 30,24 | — 10,16 | 7,20 | 5,58  | 1,29                   | 59,1                    | —           | { Analyse falsch? | O. Korschelt |
| 2   | 54,97 | 6,39  | 38,64   | 3,81 | 6,64  | 10,3                   | 45,6                    | 44,1        | —                 | Kotô         |
| 3   | 47,44 | 62,84 | — 10,28 | 4,98 | 1,90  | 1,12                   | 3,86                    | —           | Analyse?          | Kotô         |
| 4   | 66,92 | 25,70 | 7,38    | 1,64 | 11,64 | 2,2                    | 33,0                    | 64,8        | —                 | Petersen     |
| 5   | 60,52 | 27,64 | 11,84   | 1,45 | 12,23 | 6,7                    | 12,0                    | 81,3        | —                 | Hida         |
| 6   | 62,65 | 10,58 | 26,77   | 4,69 | 6,23  | 14,1                   | 46,1                    | 39,8        | —                 | T. Ohashi    |
| 7   | 60,05 | 25,34 | 14,61   | 4,33 | 5,87  | 20,8                   | 39,0                    | 40,2        | —                 | C. Sugiura   |
| 8   | 55,24 | 27,10 | 17,66   | 4,31 | 5,19  | 14,5                   | 47,7                    | 37,8        | —                 | T. Ohashi    |
| 9   | 57,79 | 3,46  | 38,75   | 6,52 | 2,00  | 33,8                   | 57,8                    | 8,4         | —                 | T. Ohashi    |
| 10  | 66,16 | 5,30  | 28,54   | 8,64 | 0,41  | 100,                   | —                       | —           | Ägirin!           | Yoko-yama    |
| 11  | 60,04 | 36,84 | 3,12    | 3,15 | 8,71  | 8,0                    | 33,3                    | 5,37        | —                 | Dittrich     |
| 12  | 46,04 | 35,48 | 18,48   | 0,61 | 10,29 | 1,7                    | 10,3                    | 88,0        | —                 | Dittrich     |

seitiger Abhängigkeit. Lose Auswürflinge des Mt. Pipe von Oligoklas und Andesin fanden Petersen und Wakimizu. Die glasigen Laven, die Petersen analysierte (Analysen 9—11), gehören bereits nicht mehr dem Andesit an und müssen wegen des hohen Sanidingehalts dem Trachyt zugerechnet werden, ein Zeichen, dass die Grenze der andesitischen Region nahe ist.

San Augustino Island (Minami Iwojima) 926 m trägt einen konischen Vulkan mit einer Böschung bis 40 Grad.



## Die Gesteine des Fuji-Boninbogens II.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1     | 2      | 3                     | 4      | 5      | 6     | 7                     | 8      | 9     | 10     | 11     | 12     | 13     | 14    |
|--------------------------------|-------|--------|-----------------------|--------|--------|-------|-----------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 51,97 | 51,94  | 51,32                 | 51,13  | 52,42  | 50,87 | 54,55                 | 53,35  | 59,30 | 61,18  | 59,87  | 53,18  | 54,44  | 53,92 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,55  | 1,53   | 1,01                  | 1,01   | —      | —     | 1,19                  | 1,18   | 1,11  | —      | —      | —      | —      | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,16  | 0,85   | —                     | Sp.    | —      | —     | —                     | —      | 0,44  | —      | —      | —      | —      | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15,16 | 15,36  | 16,84                 | 17,75  | 14,30  | 21,98 | 16,29                 | 15,62  | 16,61 | 18,16  | 17,23  | 16,18  | 12,90  | 17,98 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,94  | 3,11   | 0,65                  | 0,95   | —      | 5,85  | 4,07                  | 4,21   | 1,51  | 5,97   | —      | —      | —      | —     |
| FeO                            | 12,50 | 9,81   | 12,14                 | 11,58  | 13,70  | 5,09  | 8,02                  | 8,12   | 5,02  | 1,76   | 9,96   | 10,30  | 7,08   | 4,88  |
| MnO                            | 0,06  | 0,21   | 0,29                  | 0,25   | —      | 1,45  | —                     | —      | 0,21  | Sp.    | —      | —      | —      | —     |
| MgO                            | 4,74  | 4,93   | 4,22                  | 4,40   | 5,38   | 1,38  | 3,66                  | 4,44   | 1,55  | 0,79   | 0,77   | 6,52   | 12,75  | 4,57  |
| CaO                            | 9,36  | 10,54  | 10,85                 | 10,83  | 9,35   | 9,12  | 8,91                  | 9,68   | 3,16  | 3,55   | 2,96   | 10,12  | 5,12   | 7,59  |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,30  | 0,77   | 1,52                  | 1,30   | 2,02   | 2,85  | 2,44                  | 2,18   | 5,63  | 5,51   | 6,21   | 1,85   | 2,06   | 3,92  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,40  | 0,49   | 0,41                  | 0,36   | 6,28   | 0,22  | 0,32                  | 0,84   | 4,41  | 2,75   | 2,92   | 0,35   | 0,35   | 1,14  |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,53  | 0,43   | 1,00                  | 0,95   | 0,14   | 0,43  | 0,29                  | 0,40   | 0,95  | 1,72   | 0,61   | 1,65   | 5,54   | 4,64  |
| H <sub>2</sub> O               | —     | —      | —                     | —      | —      | —     | CO <sub>2</sub> =0,24 | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     |
| Sonst. Best.                   | —     | —      | ZrO <sub>2</sub> =Sp. | —      | —      | —     | —                     | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     |
| Sa.                            | 99,67 | 100,01 | 100,25                | 100,51 | 103,59 | 99,24 | 90,98                 | 100,02 | 99,90 | 101,49 | 100,53 | 100,35 | 100,24 | 98,64 |
| Spez. (Gew.)                   | —     | —      | —                     | —      | 2,70   | —     | —                     | —      | —     | —      | —      | 2,725  | 2,75   | —     |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 56,52 | 56,72 | 55,63 | 55,40 | 54,44 | 59,01 | 60,06 | 58,35 | 66,85 | 69,84 | 69,67 | 59,54 | 59,50 | 61,23 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,24  | 1,24  | 0,85  | 0,85  | —     | —     | 0,98  | 0,96  | 0,94  | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,07  | 0,39  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,20  | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 9,66  | 9,82  | 10,78 | 11,31 | 8,73  | 15,00 | 10,55 | 10,05 | 11,03 | 12,17 | 11,79 | 10,63 | 8,29  | 12,02 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,78  | 1,24  | 0,26  | 0,39  | —     | 2,54  | 1,68  | 1,73  | 0,61  | 2,55  | —     | —     | —     | —     |
| FeO                            | 11,36 | 8,91  | 10,93 | 10,46 | 11,86 | 4,92  | 7,36  | 7,40  | 4,67  | 1,68  | 4,35  | 4,32  | 2,90  | 4,62  |
| MnO                            | 0,07  | 0,20  | 0,26  | 0,26  | —     | 1,42  | 6,04  | 7,28  | 2,64  | 1,34  | —     | —     | —     | —     |
| MgO                            | 7,77  | 8,05  | 6,90  | 7,15  | 8,38  | 2,41  | —     | —     | —     | 1,34  | 1,34  | 11,26 | 20,90 | 7,78  |
| CaO                            | 10,90 | 12,31 | 12,62 | 12,55 | 10,40 | 11,34 | 10,51 | 11,34 | 3,79  | 4,34  | 3,69  | 12,11 | 6,00  | 9,23  |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,37  | 0,79  | 1,56  | 1,37  | 2,03  | 3,20  | 2,60  | 2,31  | 6,09  | 6,07  | 6,99  | 2,00  | 2,17  | 4,30  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,26  | 0,33  | 0,26  | 0,26  | 4,16  | 0,16  | 0,22  | 0,58  | 3,18  | 2,17  | 2,17  | 0,25  | 0,24  | 0,82  |



| Nr. | Gestein                         | Mag-<br>ma | Ort                                | Lagerung  | Mineral.<br>Zusammen.                               |
|-----|---------------------------------|------------|------------------------------------|---|---|
| 1   | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Vulkan Mihara, Ôshima              | Rezent  |   |
| 2   | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Vulkan Mihara, Ôshima              | Eruption 1912   |   |
| 3   | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Vulkan Mihara, Ôshima              | Eruption 1912   |   |
| 4   | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Vulkan Mihara, Ôshima              | Rezent  |   |
| 5   | Trachydolerit?<br>(Mijakit)     | Ia 2?      | Ôshima                             | —   |   |
| 6   | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Mijakeshima                        | —   | Ab. An. Hy. Aug.<br>Mn. Aug. Erz.                   |
| 7   | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Mijakeshima, Kratergipfel          | —   | By. Aug. Ol. Erz.                                   |
| 8   | Pyroxenandesit                  | IV 7       | Mijakeshima                        | Lava 1875   | By. An. Aug. Ol.                                    |
| 9   | Trachyt (Oligoklas-<br>andesit) | III 6      | Sulphur Island                     | Rezent?   |   |
| 10  | Trachyt                         | III 6      | Sulphur Island                     | Rezent?   | Ab. An. San.<br>Ol. Aug. Mt. Ap.                    |
| 11  | Trachyt                         | III 6      | Sulphur Island                     | Rez. ? Bimsst.  | Ab. An. San.<br>Ol. Aug. Mt. Ap.                    |
| 12  | Boninit                         | IV 7       | Kurose, Ototoshima,<br>Chichishime | Eozän Pech-<br>steinartige<br>„Pebbles“ in<br>submarinen<br>Agglomerat-<br>tuffen | Perlit. Gläser<br>mit Ol. Bronzit<br>Aug. c : c 40° |
| 13  | Boninit                         | IV 7       | Mijanoura, Chichishima             |   | Diallagabs.   |
| 14  | Boninit                         | IVa 7      | Ogigaura, Chichishima              |   | Anorthit Ap.<br>Mt. Picotit                         |

| Nr. | L     | M     | Q       | A    | C     | Or   | Ab   | An   | Analytiker  |
|-----|-------|-------|---------|------|-------|------|------|------|-------------|
| 1   | 45,16 | 44,14 | 10,70   | 1,63 | 8,03  | 5,3  | 24,6 | 70,1 | Takayanagi  |
| 2   | 43,76 | 41,54 | 14,70   | 1,12 | 8,70  | 5,5  | 14,5 | 80,0 | Takayanagi  |
| 3   | 50,20 | 43,60 | 6,20    | 1,82 | 8,91  | 4,7  | 25,0 | 70,3 | Takayanagi  |
| 4   | 51,76 | 41,48 | 6,76    | 1,63 | 9,68  | 4,6  | 21,5 | 73,9 | Takayanagi  |
| 5   | 59,68 | 56,20 | — 15,88 | 6,19 | 2,54  | 65,7 | 20,8 | 13,5 | Korschelt   |
| 6   | 72,24 | 17,80 | 10,96   | 3,36 | 11,64 | 2,2  | 33,0 | 64,8 | Petersen    |
| 7   | 53,48 | 32,36 | 14,16   | 2,82 | 7,73  | 2,2  | 13,0 | 84,8 | Dittrich    |
| 8   | 51,76 | 37,72 | 10,52   | 2,89 | 7,16  | 9,2  | 35,4 | 55,4 | Dittrich    |
| 9   | 81,20 | 18,68 | 0,12    | 9,27 | 1,76  | 31,2 | 59,8 | 9,0  | K. Yokoyama |
| 10  | 81,00 | 7,41  | 11,59   | 8,08 | 4,08  | 20,0 | 60,0 | 20,0 | Petersen    |
| 11  | 83,80 | 13,50 | 2,70    | 8,78 | 2,63  | 21,0 | 66,6 | 12,4 | Petersen    |
| 12  | 51,52 | 38,62 | 9,86    | 2,25 | 8,38  | 4,6  | 30,7 | 64,7 | R. Fukuda   |
| 13  | 42,80 | 48,04 | 9,26    | 2,41 | 5,88  | 3,8  | 41,5 | 54,7 | R. Fukuda   |
| 14  | 68,56 | 29,46 | 1,98    | 5,12 | 6,90  | 9,3  | 50,0 | 40,7 | Petersen    |

Literatur: Tabelle I. 1—3. T. Kotô, Quarterl. Journ. Geol. Soc. 40, 1884, S. 445—450. 4—5. Wada, Transact. Seism. Soc. Japan, IV, 1882, S. 33. 6—10. Washington II. S. 265, 397, 105, 109. 11—12. C. Bacher, Inaug.-Diss. Techn. Hochsch. München. — Tabelle II. 1—4. Washington II, S. 591 und 661. 5. E. Neumann, Zeitschr. d. geol. Ges. 29, 1887, S. 377. 6, 10, 11, 14. J. Petersen, Jahrb. Hamburger, Wiss. Anst. VIII, 1891. 12, 13. Y. Kikuchi, Journ. Coll. Science Vol. III, 1890, S. 73. 9. Washington II, S. 463.



Shinto, 3 Seemeilen nördlich, 20 Grad östlich von San Augustino. 24 Grad 13 Min. nördl. Br., 141 Grad 29 Min. östl. L. Über die Entstehung dieser neuen Insel berichtet Wakimizu folgendes: Am 14. Nov. 1904 hörte man Kanonendonner im Süden von Sulphurisland. Am 28. Nov. 8 Uhr morgens stieg dichter Rauch von See auf. Am 5. Dez. zeigten sich die ersten Spuren der neuen Insel über See, am 15. Febr. ragte die Insel 15 m über den Seespiegel und besass einen Umfang von 5 km. Das Eruptionszentrum lag im Norden und besass strombolianische Tätigkeit. Die Lava erstarrte zu Bimsstein und Glas. Am 16. Juni 1905, nach 136 Tagen, war von der Insel nur noch eine Klippe von 3 m Höhe übrig geblieben. Das Gestein ist dasselbe wie das des Mte Pipe, ein vitrophyrischer Andesit bzw. Trachyt mit Oligoklas  $Ab_{78} An_{12}$ , rhomb. Augit, monoklinem Augit  $c:c = 46-48^\circ$ , Olivin, Magnetit und Apatit.

Etwa an derselben Stelle, 1911 hatte man 233 Faden gelotet, kam es am 23. Juni 1914 wieder zur Bildung einer Insel mit strombolianischer Tätigkeit. Sie hatte nach Simotomai (Z. f. Vulk. I. 14/15 S. 276—277) die Lage 141 Grad 41 Min. östl. L., 24 Grad 17 Min. nördl. Br.

Hier endet der Fujibogen.

Die Bonininseln. Im Osten sind dem Bogen die Bonininseln vorgelagert. Sie bieten eine selten günstige Gelegenheit zum Studium submariner Vulkanbildungen. Die untersten Lagen sind andesitische Tuffe mit Nummulites baguelensis Verb. und Nummulites javanus Verb. Darüber liegen Korallenkalke mit miozänen Fossilien.

Die vulkanischen Eruptionen gehören hier dem Eozän an und hörten im Miozän auf.

Die Inseln lassen sich zu drei grösseren Gruppen zusammenfassen, die Parrygruppe (Mukojima), die Chichimagruppe und die Hahajimagruppe (Coffiengruppe, Barleygruppe).

Der geologische Bau ist im grossen und ganzen übereinstimmend. Nach Yoshiwara wechsellagern massige Andesitströme mit prismatischer Absonderung mit Tuffen. Die Andesite sind hell, porphyrisch mit intersertaler Grundmasse. In den Hohlräumen findet man Chalzedon, Kalkspat, Heulandit, Apophyllit, Analcim und Chabasit. Petrographisch entsprechen diese Gesteine den japanischen Hypersthenandesiten mit Labrador  $Ab_1 An_6$ , Hypersthen, monoklinem Augit, Magnetit, Apatit. Die Tuffe sind Agglomerattuffe. Kugeln aus einem Pechstein werden von Tuff zämentiert und schalten sich in die Tuffe ein. Diese Kugeln besitzen Perlitstruktur. Petersen hat sie als Boninite bezeichnet. Sie enthalten Einsprenglinge von basischen Plagioklasen und Anorthit mit  $40^\circ$  auf 010, Bronzit, monoklinen Augit  $c:c = 40^\circ$  und zuweilen Olivin mit Diallagabsonderung, Apatit, Magnetit und Picotit. Kikuchi deutet sie als Anhäufungen vulkanischer Auswürflinge, die von der flüssigen Lave mitgerissen wurden.



Die Analysen 12—14 lehren, dass auch diese Gesteine noch einen Kieselsäureüberschuss haben und sich den anorthitreichen Laven des Fujibogens zuordnen lassen. Sie sind keine selbständigen Gesteine, die einen eigenen Namen rechtfertigen, es sind Gläser der Alboranite, und haben mit Limburgiten, wie Petersen meint, nichts zu tun. Es sind durch strombolianische, submarine Eruptionen ausgestossene Massen jener anorthitreichen hypersthenandesitischen Magmen, die vor der Eruption bis unter den Schmelzpunkt des Diopsids also wenigstens bis etwa 1400° abgekühlt waren und durch den submarinen Ausbruch als Pechsteingläser erstarrten.

Die Tabelle S. 138—141 gibt die Zusammensetzung der Laven des Fujibogens wieder.

### Zusammenfassung.

Die japanischen Vulkanbauten sind im wesentlichen in postmiözäner Zeit in Pliozän-Gegenwart aufgebaut worden. Sie gehören der pazifischen (andesitischen) Magmaprovinz an, deren Verbreitung eine relativ schmale, streifenförmige ist und dem Innenrand miozäner Faltungszüge entlang läuft. Die Grenze gegen die atlantische Provinz geht längs der Westküste Japans über die Okiinseln. Die japanischen Vulkanzonen sind in konzentrische Zonen zu zerlegen. Die innerste Kampuzone ist erloschen. Die Chokaizone besitzt nur im Iwakisan ein aktives Zentrum, dessen Phase aber über die ultravulkanianische nicht mehr hinauskommt.

Der Hauptbogen, sowohl in Nord- wie in Süd-japan, ist nur explosiv tätig. Die Phase steigt bis zur vulkanianischen. Lava fließt nicht mehr aus. Die vulkanische Intensität ist am grössten in der Nähe der Kreuzungsstellen mit anderen Bögen. Sie wächst gegen Norden in der Nähe der Vulcano Bay.

Im Usu, Tarumai, steigt die Phase bis zu gemischten Eruptionen mit Staukuppenbildungen. Die Andesite sind sehr sauer. Der Ryûkyû- und Fujibogen sind in der Gegenwart die vulkanischen Kraftzonen. Der erstere ist nur in seinem nördlichen Ende gegen die Kreuzungsstelle am stärksten tätig: Sakura, Kirishima, Unzen. Lavaeruptionen treten gelegentlich ein. Die Phase erreicht die strombolianische. Seine Gesteine sind Andesite mittlerer Basizität.

Am stärksten ist der Fujibogen tätig. Lavaausfluss ist eine häufige Erscheinung, doch herrscht auch hier noch der explosive Charakter vor. Die strombolianische Phase wird oft erreicht. Die Intensität ist vom Asama-yama bis zu den Sulphurinseln gleich gross.

Auffallend ist, dass im Gegensatz zu den japanischen Bögen im Fujibogen eine deutliche Anreicherung der Anorthitkomponente hervortritt. Unter den rezenten Laven zeigt sich noch eine weitere Eigentümlichkeit.



Mit dem Eintritt des Bogens in den Ozean werden dieselben melanokrater. Hochschmelzende und spezifisch schwere Bestandteile nehmen zu. Auf den Sulphurinseln erscheint als jüngstes, wohl rezentcs Produkt Trachyt.

Rückblickend auf die vulkanischen Erscheinungen der ostasiatischen Randgebiete ergibt sich, dass dieselben im Pleistozän ihr letztes Maximum erreicht haben und heute im Rückgang sich befinden. Um nun ein Maß für die Einengung zu finden, sind die selbständigen Vulkaneinheiten gezählt und in der folgenden Tabelle zu den solfatarisch, den nur explosiv und den explosiv mit gelegentlichem Lavaausfluss tätigen Vulkanen in Beziehung gesetzt worden. Um vergleichbare Zahlen zu erhalten, sind diese Verhältnisse in Prozente umgerechnet.

Die Prozentzahl der erloschenen Vulkane eines genetisch zusammengehörigen Vulkanbogens, einer Vulkanzone oder Vulkangruppe nenne ich den „Rückgangindex“ des Gebietes.

Die Ermittlung des Rückgangindex stösst auf Schwierigkeiten, die einmal darin begründet sind, dass der Begriff „Vulkaneinheit“ einen Spielraum zulässt. Vulkane mit vielen Ausbruchspunkten und parasitären Kratern werden zu einer Einheit zusammenzufassen sein, da sie die Entleerungsstellen ein und desselben Herdes sind. Der Ätna z. B. mit seinen vielen Ausbruchsstellen zählt als eine Einheit. Verfliessen die Vulkanbauten ineinander, wie die Phlegräischen Felder, so ist die Abgrenzung der vulkanischen Einheit nicht mehr eindeutig. Mauna Loa und Kilauea sind zwei Einheiten, da ihr Eruptionsmechanismus unabhängig verläuft. Bei erloschenen Vulkanen wird man alle in einer alten Somma befindlichen Ausbruchspunkte zu einer Einheit zusammenfassen, wie Somma und Vesuv. Trotz vorsichtigen Abwägens ist die Unsicherheit in der Zählung der Vulkaneinheiten nicht zu beseitigen. In entlegenen, nicht geologisch kartierten Gegenden wird die Zahl der erloschenen Vulkaneinheiten unvollständig bekannt sein. Auch dieser Mangel wird der richtigen Ermittlung des Rückgangindex hinderlich sein. Tritt ein Vulkanbogen in das Meer, so verhüllt der Ozean einen Teil der Ausbruchspunkte und gibt leicht zu einer unrichtigen Berechnung Anlass.

Bleibt man sich dieser Unvollkommenheit bewusst und benutzt die so gewonnenen Zahlen mit Vorsicht nur zum Vergleich untereinander und nicht als absolute Maße, so mögen sich die Fehler z. T. gegenseitig aufheben und Schlüsse zulassen.

Der Vulkanismus ist eine Folge tektonischer Vorgänge in der Erdrinde, radialer und tangentialer, und nicht umgekehrt, er überdauert die ersteren und kompensiert die Dichtestörungen mit der Zeit.

Man kann annehmen, dass gleichgrosse Vulkanherde in demselben Intrusionsniveau, also mit gleicher Herdtiefe und gleicher Anfangstemperatur, auch gleiche Zeiten bis zur völligen Erkal tung gebrauchen.



## Die Einengung des Vulkanismus des „Ostasiatischen Randes“.

| Vulkanbogen                               | Zahl der vulkanisch. Einheiten | Erlöschene Vulkan-einheiten | Solfatar. tätige Vulk. | Explosiv tätige Vulk. | Explosiv und effusiv tätige Vulk. | Solfat. Vulk. % | Explosive Vulk. % | Explos. u. effusive V. % | Erlöschene Vulkane % |
|---|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
| Kamtschatkabogen . . .                    | 30                             | 16                          | 7                      | 5                     | 2                                 | 23,3            | 16,7              | 6,7                      | 53,3                 |
| Kurilenbogen und Fortsetzung auf Hokkaido | 51                             | 27                          | 12                     | 10                    | 2                                 | 12              | 10                | 4                        | 52                   |
| Nordjapan, Bandaibogen . . . . .          | 42                             | 30                          | 3                      | 9                     | —                                 | 7               | 21                | —                        | 72                   |
| Südjapanische Bögen . .                   | 22                             | 16                          | 1                      | 4                     | 1                                 | 4,5             | 18                | 4,5                      | 73                   |
| Ryûkyûbogen . . . . .                     | 19                             | 9                           | 2                      | 7                     | 1                                 | 10              | 35                | 5                        | 50                   |
| Fujiibogen . . . . .                      | 40                             | 25                          | 2                      | 9                     | 4                                 | 5               | 22,5              | 10                       | 62,5                 |



Der Rückgangindex ist also ein relatives Maß an erster Stelle für die Abkühlungsdauer und dann noch für die Herdtiefe und den Herdumfang.

Mit dieser Methode ergeben sich für die Rückgangindizes der ostasiatischen Randgebilde die Zahlen der Tabelle S. 145.

Für den Kamtschatkabogen mit dem Kurilenbogen, der sich quer über Hokkaido fortsetzt, sind die Zahlen nahezu gleich.

Die Abkühlungsdauer ist gleich, etwa die Hälfte der Vulkane erloschen. Die tektonischen Bewegungen, die die Herdintrusionen bewirkten, sind also etwa gleichaltrig.

Weiter fällt auf, dass die nord- und südjapanischen Vulkane ungefähr zu drei Viertel erloschen sind. Auch für diese Gebiete muss Gleichaltrigkeit angenommen werden. Das Intrusionsniveau innerhalb der alten Horste ist aber ein höheres gewesen. Dieser Umstand hat die Abkühlung beschleunigt, der Index ist über 70 Prozent gestiegen.

Der Ryûkyûbogen ist zur Hälfte erloschen und verhält sich wie die nördlichen Teile.

Eine Stellung für sich hat der Fujibogen, der zu zwei Drittel etwa erloschen ist. Er ordnet sich aber den pazifischen Randgebilden der Malayischen Scholle ein, wie im nächsten Kapitel gezeigt wird.

## Literatur.

### Kamtschatka.

H. Abich. Über die Natur und den Zusammenhang der vulkanischen Bildungen. Braunschweig 1841, S. 101—107.

K. Bogdanowitsch. Geologische Skizze von Kamtschatka. Peterm. Geogr. Mitt. 50, 1904, S. 59—68, 96—100, 122—125, 144—148, 170—174, 196—199, 217—221, Karten Taf. 5.

C. Diener. Ergebnisse der Forschungsreisen K. v. Ditmars auf der Halbinsel Kamtschatka in den Jahren 1851—1855. Peterm. Mitt. 37, 1891, S. 175—182.

C. v. Ditmar. Die Vulkane und heißen Quellen Kamtschatkas. Peterm. Mitt. 1860, S. 66—67. — Reisen und Aufenthalt in Kamtschatka. In den Jahren 1851—1855. 1. Teil. Mit 1 Titelbild, 2 Karten und 32 Holzschnitten in Beiträgen zur Kenntnis des Russischen Reiches und der angrenzenden Länder. 3. Folge, Bd. VII, St. Petersburg 1890. — Reisen und Aufenthalt in Kamtschatka in den Jahren 1851—1855. 2. Teil. Allgemeines über Kamtschatka. 1. Abteilung, St. Petersburg 1900. — Ein paar erläuternde Worte zur geognostischen Karte Kamtschatkas. Bull. de la Classe Physico-Mathématique. de l'Académie Impériale des Sciences de Saint Petersburg. Tome XIV, 1856, S. 240 bis 250. 1. Geognostische Karte.

Ad. Hermann. Reise um die Erde durch Nordasien und die beiden Ozeane. Bd. III. Die Ochozker Küste, das Ochozker Meer und die Reisen auf Kamtschatka im Jahre 1829. Abt. 1. Historischer Bericht. Berlin, G. Reimer, 1848.

W. Jankowsky. Beitrag zur Petrographie von Kamtschatka und der Bai des Heiligen Kreuzes. Travaux de la Société des Naturalistes de St. Petersburg. Section



de Géologie et Mineralogie. Vol. 23. St. Petersburg 1895, S. 61—70. Russisch mit deutschem Résumé.

A. Karpinsky. Notiz über den vulkanischen Sand, gefallen am 28.—29. März 1907 in Petropawlowsk (Kamtschatka). Bull. de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Pétersbourg 1908. Bd. II, S. 428—432. Ref. Zeitschr. f. Krist. 50, 1911, S. 64.

Alexis Perrey. Documents sur les Tremblements de Terre et les phénomènes volcaniques dans l'Archipel des Kouriles et au Kamtschatka. Lyon 1863.

H. W. Sljunin. Das Ochot-Kamtschatkasche Land. 2 Bde. 8°. Petersburg 1900. Karte.

Ed. Stelling. Aschenregen auf Kamtschatka in der Nacht vom 15./28. auf den 16./29. März 1907. C. R. Comm. Seismol. St. Petersburg 1908, 3, Nr. 1, S. 197—204. Russ. mit deutschem Auszug.

E. Suess. Antlitz der Erde II, S. 227 und III 2, 390.

P. Tuzcek. Vulkanischer Ausbruch in Kamtschatka. Peterm. Mitt. 48, 1902, S. 92.

### Kurilen.

Geol. Map of the Japanese Empire. 1:1000000. Imp. Geological Survey of Japan 1902.

K. Jimbo. General Geol. Sketsch of Hokkaido with special reference to the Petrographie. Satporo, Hokkaido, Japan 1892. 79 p. 2 Karten.

Kroll. Zeitschrift der Ges. f. Erdkunde, Berlin 1913, Tafel 3.

J. Milne. A cruise among the Volcanoes of the Kourile Island. Geol. Mag. 1879. 2. ser. VI, S. 337—348. The Volcanoes of Japan. Transactions of the Seismological Society of Japan. Vol. IX, Part. II, 1886. 184 S. und zahlreiche Tafeln.

A. Perrey. Documents sur les tremblements de Terre et les phénomènes volcaniques dans l'archipel des Kouriles et au Kamtschatka. Ann. d. l. Soc. Imp. d'agric., d'histoire nat. et des arts utiles de Lyon. 1863.

Ferd., Frhr. v. Richthofen. „Geomorphologische Studien aus Ostasien IV“ Sitz.-Ber. Kgl. Preuss. Ak. d. Wiss. phys. math. Kl. 40, 1903, S. 883.

H. J. Snow. Notes on the Kourile Islands. Royal Geol. Soc. London 1897, VI, 91 S., 2 Karten.

E. Suess. Antlitz der Erde. II, S. 221 u. 227, III 2 S. 390.

### Japan.

R. Anderson. The Japanese Volcano Aso and its Caldera. Scott. Geogr. Mag. XXV, 1909, S. 355—365.

C. Bacher. Über die Laven der kleinen Izu-Inseln. Ein Beitrag zur Petrographie Japans. München 1914, 38 S.

R. v. Drasche. Bemerkungen über die japanischen Vulkane Asama-yama, Yakiyama, Iwawasi-yama und Fuji-yama. Tschemm. Min. petr. Mitt. 1877, S. 49—60. Tafel III—IV. — Zwei geol. Reisen quer durch die Insel Nippon (Japan). Neues Jahrb. f. Min. 1879, S. 41—53.

E. Habdank Dunikowski, Tokarsky und J. Nowak. Wissenschaftliche Ergebnisse der Expedition nach dem Sichota Alin. Anzeiger Akad. Wiss. Krakau 1912, 2. Aufl., S. 533—634.

J. Friedlaender. Über einige japanische Vulkane. Mitt. d. Deutsch. Ges. f. Natur- und Völkerkunde Ostasiens 12, T. 1, Tokyo 1909, S. 47—77, Taf. 2—20. Über den Usu in Hokkaido und über einige andere Vulkane mit Quellkuppenbildung. Peterm., Geogr. Mitt. 58, 1912, S. 309.



- Geol. Map. of the Japanese Empire. 1 : 1000000. Imp. Geol. Survey of Japan. 1902.
- Outlines of the Geology of Japan. Descriptive Text. Tokyo 1902. Part. I—II, 122 Seiten.
- P. Grosser. Geologische Reisebriefe IX. Asosan auf Kiu-shiu (Japan) Gaea 33. 1897, S. 715—720. — Geologische Reisebriefe VIII. Der Unzendake auf Kiu-shiu (Japan). Gaea 33, 1897, S. 658—662. — Geologische Reisebriefe. Gaea. Natur und Leben. Leipzig 1898, 34, S. 9—15.
- T. Harada. Die japanischen Inseln. Eine topographisch-geol. Übersicht. Berlin 1890.
- W. H. Hobbs. Mechanics of Formation of arcuate mountains. Journ. of Geol. 22, 1914, S. 82—83.
- K. Honda und T. Terada. On the Geyser in Atami. Publ. of the Earthquake Investigation Committee. Sect. B. Art. IV. Tokyo 1906. Pl. I—XII, S. 51—73.
- Y. Kikuchi. On Anorthite from Miyake-jima. Journ. of the Coll. of Science Imp. Un. Tokyo. Vol. II, Part. I, 1888, S. 31—47. Taf. 1. — On pyroxenic components in certain volcanic rocks from Bonin Island. Journ. of the Coll. of Science. Imp. Un. Tokyo III, 1890, S. 73.
- B. Kotô. Studies on some Japanese Rocks. Quart. Journ. geol. Soc. 40, 1884, S. 431—457. — Notes on the Geology of the Dependent Isles of Taiwan. Journ. of Coll. of Science Imp. Un. Tokyo, Japan, Vol. XIII, 1900, S. 1—56, Pl. I—V. — The great Eruption of Sakurajima in 1914. Journ. Coll. Science. Imp. Un. Tokyo 1916. Vol. 38, Art. 3, 24 Tafeln, 49 Textfig., 237 S.
- B. Kôzu. Petrological Notes on the Igneous Rocks of the Oki Islands. Sciences Rep. Tôhoku Imp. Un. Sendai, Japan. Vol. I, Nr. 3, 1913, S. 26—56. — On Lava and Anorthite Crystals erupted from the Tarumai Volcano in 1909. Journ. of Geology 19, 1911, S. 632—644. — Preliminary Notes on some igneous Rocks of Japan. II. Quarzbasalt. Journ. of Geology 19, 1911, S. 561—565 und S. 567—574.
- G. v. Kreitner. Der Fuji-yama. D. Rundschau f. Geog. u. Statistik 1893. 16. S. 1—10.
- M. Kutschera. Vulkanischer Ausbruch auf Torishima. Mitt. d. K. K. Geogr. Ges. Wien. 1902. 45, S. 304—306 u. 337—342.
- D. Lièvre. Der Ausbruch des Vulkans Kirishima in Japan, den 15. März 1896. Mitt. d. geogr. Ges. u. d. naturhist. Mus. in Lübeck, 2. Reihe, 1899, S. 12 u. 13.
- O. Lüdecke. Über einen Anorthitbasalt vom Fuji-no-yama. Zeitschr. f. d. ges. Naturw. III. Folge 1880, 53, S. 410—416.
- J. Milne. The Volcanoes of Japan. Transact. Seism. Soc. of Japan. Vol. IX, Part. II. — A visit to the volcano of Oshima. Geol. Mag. 1877. Dec. II, Vol. IV, Nr. 5, S. 193—199 u. 285.
- J. Milne u. Burton. The Volcanoes of Japan. Fudji-no-yama. 1892.
- C. E. Bruce Mitford. Notes on the Physiography of certain Volcanoes in Northern Japan. Geogr. Journ. 31, Nr. 2, 1908, S. 187—198. 12 Abb., 2 Textfig.
- E. Naumann. Über Erdbeben und Vulkanausbrüche. Mitt. d. Deutsch. Ges. f. Natur und Völkerkunde Ostasiens. Yokohama 1878, 15. Heft mit 4 Taf. — Über den Bau und die Entstehung der japanischen Inseln. Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans. Peterm. Mitt. Erg.-H. 108, 1893. Berlin 1885, 91 S. Zur Geologie und Palaeontologie von Japan. Denkschrift Math. Naturw. Kl. Akad. Wien LVII, 1890. — Fujisan. Jahr. d. Münch. geogr. Ges. 12, 1888. — Beiträge zur Geologie u. Geographie Japans. Peterm. Mitt. Erg.-H. 108, 1893. XXIII. S. — Geologische Arbeiten in Japan, in der Türkei und Mexiko. Ber. Senckenb. Ges. 1901, S. 79—90. — Die vulkanische Insel Ooshima und ihre jüngste Eruption. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 29, 1877, S. 364—391, Taf. 5—9.



N. Nishimura. Der Ausbruch des Torishima in Japan. D. Rundschau f. Geogr. und Statistik Wien 1903, 25, S. 349—351, 1. Karte.

K. Nishio und J. Friedlaender. Der verheerende Ausbruch des Vulkans Sakura im Süden der japanischen Insel Kiushiu. Peterm. Geogr. Mitt. 60, 1914, I, S. 132, Taf. 24.

T. Ogawa. On the Geotectonic of the Japanese Islands. Congrès Geol. Intern. Mexico 1906, II, S. 1272.

F. Omori. The Sakurashima Eruptions and Earthquakes. Bull. Imp. Earthquake Inv. Com. Vol. VIII, 1914, Nr. 1; 1916 Nr. 2 und 3. Ref. J. Friedlaender. Zeitschr. f. Vulk. IV, 1918, S. 52—71.

K. Oseki. Bildung einer vulkanischen Insel im westpazifischen Ozean. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1914, Nr. 6, S. 479—480. — Der Vulkanausbruch auf Japan. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1914, S. 151—152, Abb. 7.

Fr. A. Perret. Sakurashima. Rapporto preliminare per l'istituto vulcanologico sulla grande eruptione del vulcano Sakurashima Gennaio, Febbraio, Marzo, Aprile 1914. Zeitschr. f. Vulk. I, 1914—15, S. 133—150.

A. Perrey. Documents sur les tremblements de Terre et les phénomènes volcaniques au Japon. Lyon 1862.

J. Petersen. Beiträge zur Petrographie von Sulphur Island, Peel Island, Hachigo und Miyakeshima. Der Boninit von Peel Island. Jahrb. d. Hamburger wiss. Anstalten. 8. Hamburg 1891.

J. Rein. Der Fuji-no-yama und seine Besteigung. Peterm. Geogr. Mitt. 25, 1879, S. 365—376 mit Karte und Taf. 19.

Ferd. Frhr. v. Richthofen. Über den Gebirgsbau an der Nordküste von Formosa. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1860, 13, S. 532—545. — Geomorphologische Studien aus Ostasien III. Sitz.-Ber. Kgl. Preuss. Akad. Wiss., phys. math. Kl. Berlin 1902. — Geomorph. Studien aus Ostasien V. Sitz.-Ber. Kgl. Preuss. Ak. d. Wiss., phys. math. Kl. Berlin 1903, 40, S. 892—913.

E. Rudolph. Bericht über die vulkanischen Ereignisse während des Jahres 1894. Tschermaks Min. petr. Mitt. 1897, 16, S. 365—464 enthält eine Literaturzusammenstellung des Bandausbruchs.

S. Sekiya und Y. Kickuchi. The Eruption of Bandaisan. Trans. Seism. Soc. Japan XVIII, Part. II, 1890, S. 139—222. Pl. I—X und Journ. of the Coll. of Science Imp. Un. Tokyo, III, 1889, Part. II, S. 91—172, 10 Taf.

H. Simotomai. Nachrichten über den Ausbruch des Vulkans Usu in Japan im Jahre 1910. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde 1911, S. 405—410, 2 Taf., Karte des Vulkans. 1886, 184 S.

H. Simotomai. Referate aus der vulkanologischen Literatur Japans 1913. Zeitschr. f. Vulk. I, 1914/15, S. 277.

C. Mitchie Smith. The volcanic Eruption at Bandaisan. Proc. Roy. Soc. Edinburgh 1890, 17, S. 65—71, 1 Taf.

E. Suess. Antlitz der Erde. II. 220, III. 111, 159, III 2 337.

T. Wada. Notes on Fuji-yama. Trans. Seism. Soc. of Japan IV, 1882, S. 31. — Der Ausbruch des Bandaisan im Juli 1888. Mitt. d. Deutsch. Ges. f. Natur- und Völkerkunde Ostasiens. Tokyo. Bd. 5, Juli 1889, S. 60—74, 7 Skizzen, 1 Taf.

T. Wakimizu. The ephemeral Volcanic Island in the Jwô-jima Group. Publ. of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages, Nr. 22, Sect. C., Art. 1, Tokyo 1908.

E. Weinschenk. Beiträge zur Petrographie Japans. Neues Jahrb. f. Min. B. B. VII, 1890, S. 133—151.



O. Weigel. Über einige Erzlagerstätten am Sinchota-Alin in Ostsibirien. N. J. f. Min. B. B. 37, 1914, S. 653—738.

N. Yamasaki. Unsere geographischen Kenntnisse von der Insel Taiwan (Formosa). Peterm. Mitt. 1900, 46, S. 221—234, 1. Karte. — Der Ausbruch des Vulkans Sakurashima im Januar 1914. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1914, S. 295—302, 1. Karte.

M. Yoko-yama. Der Ausbruch des Vulkans Adatara in Japan. D. Rundschau f. Geogr. u. Statistik. Wien 1901, 23, S. 305—308.

S. Yoshiwara. Geologic Structure of the Riu-Kiu (Loochoo) Curve and its Relation to the Northern Part of Formosa. Journ. of the College of Science Imp. Un. Tokyo, XII, Part. I, 1901, S. 67. — Geological Age of the Bonin Islands. Geol. Mag., Dec. IV, Vol. IX, 1902, S. 296—303.



### III. Kapitel.

## Die malayischen Randbögen.

### Geologischer Überblick.

Als „Malayische Scholle“ soll die Inselwelt zwischen Asien und Australien-Neuguinea zusammengefasst werden.

Eine Senkung des Ozeanspiegels um 200 m würde Sumatra, Java, Borneo, die Malayische Halbinsel, Kambodja, Siam zu einer zusammenhängenden Landmasse mit dem asiatischen Kontinent vereinigen und auch eine schmale Verbindung zwischen den Philippinen und Borneo herstellen. Diese Teile der Erdkruste sind demnach noch zum asiatischen Kontinent zu zählen.

Andererseits würde durch diese Senkung Australien mit den Aroeinseln, Neuguinea mit Misool, Waigoe, Batanta und Salawati durch Land verbunden, das seichte Arafourameer würde trockengelegt werden. Diese Inseln gehören demnach zum australischen Kontinent.

Das dazwischen liegende Stück, Celebes, die Sundainseln, die Molukken und Halmahera, stellt eine stark durch jugendliche Hebungen und Senkungen und jugendliche Faltengebirge zerstückelte Partie der Erdkruste dar, die zu den in tektonischer Beziehung interessantesten Teilen der Erde gehört.

Auf der Ostseite der Philippinen ziehen sich die grössten Meerestiefen entlang: östlich von Samar — 8900 m, östlich von Mindanao — 9780 m und — 8554 m, östlich der Talauer Inseln — 7243 m und nordöstlich von Halmahera — 5100 m. Diese Sauntiefen begrenzen die Malayische Scholle gegen den Ozean.

Weit in den Ozean vorgeschoben stellt sich ein zweites Bogensystem ein, der Marianenbogen, mit Tiefen von — 9635 m und — 8743 m östlich Guam, ein Bogenfragment östlich von Yap etwa 10 Grad nördl. Br. und 138 Grad östl. L. und der Bogen der Palauinseln mit Tiefen von — 6136 m und — 6860 m<sup>1)</sup> im Osten. Diese Bögen sind die äussersten Vorposten des asiatischen Kontinentes.

Aber auch innerhalb der Bandasee sinkt der Meeresboden westlich der Keiinseln bis zu — 6504 m ab, in der Celebessee bis über — 3000 m.

Die geologische Geschichte der Malayischen Scholle ist wechselvoll.

---

<sup>1)</sup> Groll's Tiefenkarte des Stillen Ozeans. Zeitschrift f. Erdkunde 1913, Tafel 3.



Die präkarbonische Zeit ist, wie in Japan, in Dunkelheit gehüllt. Archaische oder präkambrische Gneise und kristalline Schiefer, die vielleicht bis in das Paläozoikum heraufreichen mögen, treten an verschiedenen Stellen zutage. Man pflegt sie als „Malayische Formation“ zusammenzufassen. Eine präkarbonische Faltung, über deren Eintreten sich bestimmtere Angaben nicht machen lassen, begrenzt diesen alten Komplex nach oben.

Diese alte Unterlage erscheint in der Masse von Kambodja, im Gajoland auf Nordsumatra, in 2600 m und senkt sich schnell bis zum Meeresniveau in Südsumatra.

Auf Borneo bildet sie den südwestlichen Teil der grossen Insel. Auf Celebes setzt sie den nördlichen und mittleren Teil zusammen, ist hier aber durch sehr jugendliche Grabenbrüche, die plio-pleistozänen Alters sind, wie die Strasse von Makassar, die „Fossa Sarasina“, die von der Palubai im Norden bis zur Rampi- und Lebonisenke im Süden auf 100 km Entfernung durch Mittelcelebes verläuft, und andere Brüche zerbrochen. Diesen alten Kontinent hat Abandanon „Aequinoctia“ genannt.

Diese Unterlage steht heute windschief und ist vielfach zerbrochen. Aber nicht alle kristallinen Schiefer sind der präkambrischen Malayischen Formation zuzurechnen. Ein Teil derselben ist wesentlich jünger, mesozoisch oder gar alttertiär. So spricht Warren Smith die Vorkommen von kristallinen Schiefen auf den Philippinen für jugendlich, vielleicht für alttertiär an. Karbonische und permische Ablagerungen liegen diskordant auf dieser Unterlage und erscheinen zumal auf Sumatra und im Bereich der Timorkordillere. Während des Mesozoikums ist die Malayische Scholle stellenweise tiefer untergetaucht.

Die eigentliche Ausbildung der heutigen Verhältnisse beginnt mit der Tertiärzeit. Ein Überblick über die Grundzüge der stratigraphischen Gliederung gibt Tabelle S. 154.

Die einsetzenden Faltungsvorgänge mögen an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten und mit wechselnder Intensität gewirkt haben. Verbeek nimmt bereits am Ende der Mesozoikums Faltungen an. Die wichtigste Faltung aber ist die posteozösane Faltung, die ihr Maximum im Miozän erreichte. In dieser Zeit nahm die Überschiebung, die in der Timorkordillere gegen den australischen Kontinent gerichtet war, ihr grösstes Ausmass an. Die Faltung lebte Ende Pliozän oder Anfang Pleistozän wieder auf. Brouwer zeigte, dass die Timorkordillere, welche über Rotti, Timor Babber, die Tenimberinseln, die westlichen Keinseln verläuft und nach Ceram und Boeroe umschwenkt, diesen geschlossenen Bogen erst mit dem postpliozänen Faltungsakt herstellte, während die miozäne Faltung das Verbindungsstück bei den Keinseln noch ausgelassen hatte.



Die zweite Faltung schmiegt sich sehr viel vollkommener an das Vorland an, das über die Sahoelbank, an der Grenze der Arafura-See, Aroe-inseln, Neuguinea, Misool, Obi verläuft. Dieses Vorland wird bei einem weiteren Fortgang der Gebirgsbildung, die aus dem Norden kommenden Decken aufnehmen, die dermaleinst über dieses Vorland noch hinübergeschoben werden.

Dieselbe posteozeäne und die folgende postpliozeäne Faltung führt zu vertikalen Hebungen und Senkungen, zu Gräben und Horstbildungen in dem bereits gefalteten alten Land, wie in Zentralcelebes.

Abb. 11.



Tektonische Übersichtskarte der Molukken nach Brouwer.

Die intensiven Faltungen und Überschiebungen und vertikalen Krustenbewegungen sind mit vulkanischen Erscheinungen auf das innigste verknüpft. Sehen wir von dem präkarbonischen Untergrund ab, so lassen sich folgende Eruptionsperioden<sup>1)</sup> unterscheiden.

#### I. Jungpaläozoische Eruptionsperiode:

Permische, vorwiegend basische Eruptivgesteine:

Peridotite, Serpentine, Gabbros, Diabase und Porphyrite und auch Quarzporphyre.

#### II. Altmesozoische Eruptionsperiode: Trias-Jura.

<sup>1)</sup> A. Brouwer, On the Age of the igneous Rocks in the Moluccas. K. Ak. Wet. Amsterdam. 21. Nr. 6 und 7. S. 803—815.



## Formationsgliederung der

|  | Sumatra, Java   |  | Philippinen  | Borneo  |  |
|--|---|--|--|---|--|
| Rezent   | Jungterrasse, Alluvionen  | Jüngste Andesit-formation, Andesite, Basalte | Alluvionen, Tuffe, Korallenriffe, Küstenablagerungen   | Tätige Vulkane, Andesit, Basalt                       | Alluvionen usw.  |
| Pleistozän                                       | Niederterrasse, Hochterrasse, Oberterrasse, Süßwasser, lakustre Ablagerungen. | Junge Vulkanbauten, Leuzitgesteine           |  | Jüngere Andesit-formation, Sommaberger und Vulkanfuss | Fluviatile, Absätze lakustre Absätze   |
| Pliozän  | Tuffsandsteine, Schiefertone mit Petroleum und Kohle, Lepidocyklinalkalke     | Somma und Fuss der Vulkane, Leuzitgesteine,  | Gehobene Korallenriffe, Mergel   |   |  |
| Miozän   | Etage m — m <sub>3</sub> , Sandsteine   | Ältere Andesit-formation                     | Obere Kalke, Mittlere Kalke, mit Lepidocyklinalen Sandsteine, Schiefer mit Lignit (Port-Barrera-Formation) | Leuzit-tephrite von Masbate                           | Sande und Tone mit Kohle   |
| Oligozän   | Mergel und Kalksteine mit Orbitoiden  |  | Untere Kalke mit Nummulites, Niasi, Verbeek  | Ältere Andesit-formation (Panique serie)              | Rollsteine mit Nummuliten  |
| Eozän  | Schiefertone, Mergel, Sandsteine<br>Basal-konglomerat                         | Diabase und Diorite, Alttertiäre Andesite    |  |   |  |
| Kreide   | Cenoman (Java)<br>Neocom (Sumatra)  | Granit-intrusionen? (Sumatra)                |  |   | Cenomane Mergel und Sandsteine, Danan-formation, Kieselschiefer, Jaspis, Tonschiefer, Sandsteine mit Radiolarien, Diabastuff |
| Jura   |   |  |  |   |  |
| Trias  | Tone mit Halobien und Daonellen, Sandsteine                                   |  |  |   |  |
| Jüngere Kristall.-Schiefer unbestimmbaren Alters |   |  | Kristalline Schiefer bis Tertiär?  | Granit, Diorit, Gabbro, Peridotit, Alter bis Tertiär? |  |
| Perm   | Riffkalke, Singkaragschichten, Grauwacken, Fusulinienkalke, Doliolinenkalke   | Porphyry (Sumatra), Diabas.                  |  |   |  |
| Karbon   |   |  |  |   |  |
| Altpaläozoikum                                   | Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite   | Granit-intrusionen                           |  |   | Alte Schiefer-formation, Kristalline Schiefer, Gneis, Glimmerschiefer usw.   |
| Malayische Formation, Präkambrum, Archaikum      |   |  |  |   |  |



Malayischen Scholle.

| Borneo  | Celebes  | Molukken   |   |  |  |
|---|--|--|---|--|--|
|   | Rezente Meereskalke  | Jüngste Andesitformation, Andesite                               | Korallenkalke Foraminiferen und Kalkalgengesteine Lithotamnienkalke | Jüngste Andesitformation, Andesite, Basalte  |  |
|   | Flussablagerungen, Korallenkalke   | Submariner, Leuzittuff, (Kouristein)                             | Gehobene Korallenkalke, Terrassenkalke, Sandsteine, Konglomerate    | Hauptmasse, der jungen Vulkane   | Jüngste Faltung  |
|   | Korallenkalke  | Intrusive Leuzitgesteine, Liparit, Dazit, Trachyt                |   | Somma-bildungen, Vulkanfuss  |  |
| Andesitformation des Müllergebirges                     | Kalksteine mit Lepidocyklinen Konglomerat                                | Ältere Andesitformation  | Konglomerate, Breccien, Sandsteine, Lepidocyklinenkalke             | Ältere Andesitformation  | Maximum der Faltung und Überschiebung im Miozän, Posteozeäne Faltung |
|   | Orbitoidenkalke  | Andesite, Trachyte, Liparite, Leuzitgesteine des Quarlesgebirges | Quarzhaltige Kalksteine, Mergelkalke                                |  |  |
|   | Sandsteine mit Pechkohle? Obapi-Konglomerate, Mororoformation, Tonsteine | Jüngere Granitlakkolithen  | Alveolinen- und Nummulitenkalke                                     |  |  |
|   |  | Gabbrointrusionen  | Tissotienkalke, Schiefertone und Kalksteine                         | Jungmesozoische Andesite, Dazite Bronzitmelaphyre  |  |
| Melaphyre   | Dolokapaformation, Radiolarite   | Diabase, Melaphyes, Peridotite usw.                              | Kalksteine, Mergel, Tone mit Ammoniten, Belemniten                  | Altmesozoische Quarzporphyre, Porphyrite, Diabase, Peridotit, Serpentin, Gabbro, Jüngere Granite |  |
|   |  |  | Halobien, Daonellen, Radiolarien, Kalke                             |  |  |
|   |  |  | Chloritschiefer, Talkschiefer, Serpentin, mesozoisch?               |  |  |
| Intrusionen : Granit, Diorit, Gabbro, Peridotit, Alter? |  |  | Kalke und Sandsteine  | Peridotit usw.   |  |
| Extrusionen: Diabas, Porphyrit, Quarzporphy.            |  |  |   |  |  |
|   | „Aequinoctia“-Kontinent, Gneis-Granit von Mittelcelebes                  | Ältere Granitintrusionen   |   |  | Präkarbonische Faltung   |



Batholithe von Peridotit, Serpentin, ältere Melaphyre, Quarzporphyre, Diabase.

III. Jungmesozoische Eruptionsperiode: Kreide-Eozän.

Saure Bronzitmelaphyre, Andesite und Dazite.

IV. Granitische und dioritische Intrusionen in Verbindung mit der posteozeänen Faltung. Oligozän-Miozän.

V. Die ältere Andesitformation: Oligozän-Miozän.

Hierher gehören die Andesite des Müllergebirges auf Borneo.

VI. Die Leuzitgesteine der „Äquinoctiaprovinz“: Miozän-Pleistozän.

VII. Die jüngere Andesitformation bis Gegenwart. Jungvulkanismus, Pliozän bis Gegenwart.

Während des Pliozäns wurden die Sommaberger und Vulkanunterbauten geschaffen. Die Hauptmasse der heute tätigen Vulkane wurde im Pleistozän aufgeschüttet.

### Die tektonischen Leitlinien der Malayischen Scholle.

E. Suess lehrte, dass vier Elemente sich am Bau der Malayischen Scholle beteiligen, und zwar das Ende des burmanischen Bogensystems, die Virgation der Philippinen, das Kettengebirge von Neuguinea und die Kettengebirge im Osten von Australien.

#### 1. Malakkakulisse.

Zum burmanischen System gehören die Kulissen, die aus Burma kommend in die Malayische Halbinsel eintreten und über Singapore, Lingga, Banka, Billiton nach Karimondjava verlaufen.

#### 2. Sumatra-Javabogen.

Die Irawaddyniederung und die Malakkastrasse als Fortsetzung bilden eine Tiefenlinie, auf die als nächste Kulisse das Barrisangebirge folgt, das parallel zur Längsachse von Sumatra verläuft und nach Süden schnell an Höhe verliert und in Java unter der tertiären Sedimentdecke verschwindet. Man zieht die Fortsetzung über Bali, Lombok, Soembawa, Flores, Lomblen, Allor, Wetter in den Bandabogen über Roma, Dammer, Manoeck, Banda und zurückbiegend über den submarinen Sibokarücken zu den Schildpattinseln, Lucipara, zum Goenung Api, eine Auffassung die sich nicht länger aufrecht erhalten lässt.

Volz hat die v. Richthofenschen Ideen auch auf die Malayische Scholle angewandt. Er unterscheidet eine primäre und sekundäre Faltung. Die primäre Faltung erzeugt den Staubogen. Ein Einsenken des Voroder Rücklandes ist eine spätere Folgeerscheinung. Bei der sekundären Faltung ist die zerrende Dislokation die primäre Ursache. Das Vorland, in diesem Fall der Indische Ozean, sinkt ab, die Randzonen gleiten nach, brechen in Staffeln ab und stauen sich an den alten Widerlagern und



werden hier in sekundäre Falten gelegt. Wo keine Widerlager vorhanden sind, kommt es auch nicht zur Faltung. Der zerrenden Dislokation folgt also die Faltung. Das ist das Hauptkriterium der sekundären Faltung.

Die erste Staffel bildet nach Volz die Malakkakulisse. Die dazugehörige Senke sind die Malakkastrasse und die Niederungen in Ostsumatra. Die zweite Hauptstaffel ist das Barrisangebirge mit seinen Fortsetzungen. Der Rand der dritten Staffel ist in Inseln aufgelöst und entspricht dem Zuge Nias-Mentawei-Inseln-Engano. Vor Java sinkt der Indische Ozean bis zu — 7000 m ab.

Das Barrisangebirge gliederte A. Tobler später von Westen nach Osten in das Hochbarrisan aus Diabas, Porphyry, Granit, das Schieferbarrisan im wesentlichen mesozoische Tonschiefer, und das Vorbarrisan aus jungpaläozoischen Effusivgesteinen bestehend. Nach seiner Vorstellung ist nur das Schieferbarrisan bodenständig und Ende Kreide gefaltet. Hoch- und Vorbarrisan dagegen sind von Südwesten nach Nordosten überschobene tektonische Decken. Die Überschiebung erfolgte im Alttertiär, eine zweite Faltung am Ende des Tertiär.

Sind diese Beobachtungen Toblers richtig, namentlich in betreff der Überschiebungsrichtung, so sind die v. Richthofen-Volz'schen Vorstellungen nicht länger aufrecht zu erhalten. Dann besteht aber auch keine Verbindung des Bogens mit dem inneren Bandabogen, für den die Faltungsrichtung von Brouwer gegen den australischen Kontinent angenommen wird. Hirschi hat Überschiebungen im äquatorialen Sumatra nicht beobachtet. Gegen die Volz'schen Anschauungen spricht endlich, dass die Gräben in Mittelcelebes, wie die Fossa Sarasina u. a. z. T. ein sehr junges Alter haben, in ihrer Bildung jedenfalls nicht der Faltung vorausgegangen sind. Das sind aber Kriterien für Stauungsfalten.

### 3. Die Mentaweikulisse.

Das Arrakangebirge in Hinterindien erreicht im Kap Negrais das Meer, in den Andamanen, Nikobaren, Nias, Mentaweiinseln, Engano ist die Fortsetzung zu suchen.

### 4. Die Timorkordillere (Timor-Cerambogen).

Von Rotti, Timor, Babber, Tenimberinseln und umbiegend gegen die Keiinseln und weiter nach Ceram und Boeroe verläuft das Faltengebirge mit Überschiebungsrichtung gegen aussen. Die posteozeäne Faltung im Miozän hat es angelegt, die plio-pleistozäne Faltung hat den Bau des Gebirges fortgesetzt, und allem Anschein nach ist das Gebirge heute noch nicht vollendet. Es befindet sich heute in dem Stadium, dass sich sein Verlauf dem Vorland genau anschmiegt.

### 5. Die zentrale Kordillere von Neuguinea.

Die zentrale Kordillere von Neuguinea streicht südlich vom Mac Cluer-Golf aus und findet hier wohl ihr Ende. Die in ihrer Fortsetzung



liegenden Inseln Misool, Obi und Soela, Bangai gehören zum Vorland; auf letzteren kommt die Gneisunterlage zum Vorschein.

6. Das Arfakgebirge in Nordwest-Neuguinea tritt als paralleles Kulissensystem über Waigoe, Salawati in Richtung auf Halmahera verlaufend an die Malayische Scholle heran.

7. Die Philippinenvirgationen.

a) Die Verbindung der Philippinen mit Formosa stellt der Batan-Babuyanen-Bogen her.

Auf Luzon sind es drei durch Senkungen getrennte submeridionale Kordilleren und zwar von Osten nach Westen:

b) Die Sierra Madre, die Hauptkordillere der Insel. Dann, durch das Calagayantal getrennt:

c) Die Zentralkordillere und weiter, durch die zentrale Ebene geschieden, die Westkordillere oder Sierra Zambales.

Der südliche Teil der Insel ist durch tiefe Einbrüche, wie die Manilabai stark gegliedert und aufgelockert.

d) Eine weitere Kulisse verläuft durch Camarines und Samar.

e) Gegen Westen folgt die Kulisse durch den Südast von Luzon Masbate, Leyte in die Ostkordillere von Mindanao.

f) Mindoro gehört zu demselben Kulissensystem.

g) Mindanao besitzt eine Ostkordillere und, getrennt durch die Agusan-senke, eine Zentralkordillere die von Camiguin im Norden durch die zentrale Insel streicht und westlich von der Davaobai in den Sangibogen einschwenkt und die Verbindung mit der Minakkassa auf Nordcelebes herstellt. Drei weitere Bögen im westlichen Teil der Insel stehen im spitzen Winkel zu diesen Leitlinien.

Von den Kulissensystemen mit ihrem submeridionalen Verlauf und der den Gräben des Pazifischen Ozeans zugekehrten konvexen Stirnseite, die also rein pazifisch beeinflusst sind, trennen sich Gebirgsbögen, die die Verbindung zwischen Philippinen und Borneo aufnehmen. Ihr Verlauf entspricht der Resultante der Zugrichtungen, die vom Pazifischen und Indischen Ozean ausgeübt werden, wenn man Zerrungserscheinungen in weiterem Umfang zur Deutung der tektonischen Verhältnisse heranziehen will.

Es sind das die etwa von Nordost nach Südwest verlaufenden Bögen und zwar:

h) Der Palawanbogen, der mit dem grossen Faltengebirge auf Nordborneo in Kettung tritt. Dieses letztere Faltengebirge, das Kapouwasgebirge, erreicht im Mt. Kimbalo etwa Mont Blanc-Höhe und bricht gegen Süden steil ab. Mit dem Abbruch steht das andesitische Müllergebirge in Zusammenhang. Das Gebirge wiederholt die Bogenform der Küstenumrisse von Cochinchina. Auch die stufenförmigen Abbrüche wiederholen sich auf Borneo.



Abb. 12.



Die Tektonik der Philippinen. Nach Warren D. Smith (Handb. d. Reg. Geol. VI, 5).



Es folgt im Philippinensystem als nächste Kulisse:

i) die Westkordillere von Panay und dann

k) die Ostkordillere von Panay. Auf Masbate kreuzt diese Richtung den pazifischen Bogen und gibt der Insel den hakenförmigen Umriss.

l) Auf Negros nehmen eine Anzahl Kulissen den gleichen Verlauf und treten in den Westarm von Mindanao ein, um sich dann im Bogen der Suluinseln über Basilan, Jolo gegen Borneo fortzusetzen.

Die drei oben bereits erwähnten Bogenfragmente von West-Mindanao gehören hierher.

Das sind die indisch-pazifischen Zweige der Philippinenvirgation.

8. Das zentrale Gebiet der Malayischen Scholle, also Borneo zum grösseren Teil, Celebes und auch Halmahera sind die durch radiale Bewegungen zerstückelten Teile des alten Untergrundes.

Die Makassarstrasse, die Celebessee, Molukken- und Bandasee sind die grössten Einbrüche. Die eigenartige chiagratistische Umrissform der grossen Insel Celebes, die sich in Halmahera noch einmal in etwas kleinerem Maßstabe wiederholt, ist das Ergebnis von jugendlichen, z. gr. T. tertiären Grabenbrüchen. Halmahera besteht im Kern aus Peridotiten und darüber aus eozyänen und miozyänen Kalken.

In diesen zentralen Gebieten herrschen die alten Gneise und Granite. Weite Areale werden zumal im Osten von Celebes und auf Halmahera von peridotitischen Eruptivgesteinen eingenommen, die wohl als paläozoische und mesozoische Batholithe angesehen werden müssen.

Es fehlen allerdings auch diesem Gebiet nicht die posteozyänen und pliozyänen Faltungen. Zu diesen gehören auf Celebes des Latimodjong-Saädongfaltengebirge im Osten, die jungtertiären Randfalten an der Strasse von Makassar im Westen, das Meratoesgebirge auf Borneo und andere mehr.

Wenn auch die Erforschung der Malayischen Scholle in den letzten Jahren ausserordentliche Fortschritte gemacht hat, so bleiben doch noch eine grosse Anzahl von ungelösten Problemen übrig, und manche Beziehungen werden noch zu klären oder zu revidieren sein.

Ein Einfluss eines erregenden Zentrums der Faltungswellen, das Suess im Angaraland suchte, ist in diesen entfernten Gegenden sicherlich nicht mehr zu erkennen. Ebenso wenig sind aber die tektonischen Verhältnisse auf Grund der Zerrungen im Sinne v. Richthofen-Volz ausschliesslich zu erklären. Der Timor-Cerambogen ist ohne Zweifel ein echter Staubogen.

Zahlreiche theoretische Erklärungsversuche der Tektonik sind unternommen worden. Auf alle diese Hypothesen näher einzugehen, ist nicht Aufgabe dieses Buches. In den tektonischen Rahmen ist nunmehr das System der Vulkane der Gegenwart einzufügen.



Die Verbindung mit den im vorigen Kapitel beschriebenen japanischen Bögen stellen zwei Vulkanbögen dar, ein innerer, der Batanesbogen, und ein äusserer, der Marianenbogen.

## A. Äusseres Bogensystem.

### I. Der Marianenbogen.

An den Fuji-Boninbogen schliesst sich als weiteres Glied in den äusseren pazifischen Bögen der Marianenbogen an. Zwischen beiden Bögen klappt eine Lücke, die das gegenseitige Verhältnis nicht erkennen lässt. Der Marianenbogen macht den Eindruck eines unfertigen Gebildes.

Der Bogen beginnt mit Uraccas (Farallon de Pájaros) 260 m. Die Insel trägt einen tätigen Vulkankegel mit Resten einer Sommaumwallung. Eruptionen wurden gemeldet 1865, 1875 mit Explosionen alle 10 Minuten (wohl strombolianische Phase), 1901, 1902.

Die Berichterstattung über die entlegene Gegend ist eine sehr lückenhafte, so dass weitere Schlüsse aus dem vorhandenen Material kaum zu ziehen sind. Kaiser bestimmte von Uraccas einen mattschwarzen Augitandesit (Analyse 1). Das Magna entspricht etwa dem des Vulkans Sakurashima. Weiter folgen Maug, drei Reste eines submarinen Kraterrandes, und Assongsong 950 m mit einem regelmässigen Krater, der solfatarisch tätig ist, erhöhte Tätigkeit wird aus den Jahren 1786, 1819, 1901 berichtet, Pagan mit zwei solfatarisch tätigen Kratern, Almagán 700—800 m, Guguan auf der Westseite mit drei Kratern, von denen der nördlichste tätig ist (1819 besonders), ferner Farallon de Torres, Sarigan 100 m, Anatahan 700—800 m.

Die grössere Insel Saipan besteht der Hauptsache nach aus Korallenkalk. Ob die höchste Erhebung Tapochao ein Vulkan ist, steht nicht fest. Dagegen findet sich zwischen Marpi und Tapochao eine Vulkanruine, aus der Kaiser einen Andesitobsidian (Analyse 2) bestimmte.

Rota besitzt einen von Korallenkalken bedeckten Vulkankern. Von der Insel Guam gibt Cox vulkanische Gebilde aus dem Süden an, im übrigen besteht die Insel aus Korallenkalken.

Die Magmen des Marianenbogens sind andesitischer Natur. Der Karolinenarchipel ist ein anders geartetes Vorland, das aus Amphiboliten und Strahlsteinschiefern sich aufbaut. Jungvulkanische Gebilde fehlen. Der Nephelinbasalt von Ponape, den E. Kaiser beschrieb, lehrt, dass hier die atlantische Provinz erreicht ist.

Dagegen sind die Palauinseln, mit Baobeltaob 600 m, Korrör 150 m, Ngare Kobasanga ca. 305 m, Malakal 457 m von Korallenkalken verhüllte submarine Andesitvulkane, die auf einer granitischen Unterlage aufsitzen, da Wichmann unter den Strandgeröllen von Baobeltaob



Syenitgranitgerölle feststellte. Sie sind ein kleines Bogenfragment für sich.

Die Talauer Inseln sind anscheinend nicht vulkanisch, ausgenommen Nanusa, Salibabu und Kabroeang.

### Die Laven des Marianenbogens.

#### A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2      | 3     |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 57,00 | 63,58  | 38,99 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | 0,71   | 2,99  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,19  | 0,34   | 1,32  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 17,47 | 14,57  | 11,80 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 4,59  | 1,52   | 8,96  |
| FeO . . .                            | 4,43  | 5,92   | 9,48  |
| MnO . . .                            | —     | Sp.    | —     |
| MgO . . .                            | 3,23  | 1,60   | 7,42  |
| CaO . . .                            | 8,51  | 4,58   | 11,34 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 2,98  | 4,86   | 3,92  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,15  | 2,02   | 1,62  |
| H <sub>2</sub> O . . .               | 0,21  | 0,31   | 1,88  |
|                                      | 99,76 | 100,01 | 99,72 |

#### B. Molekularprocente.<sup>1</sup>

|                                      | 1      | 2      | 3      |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 63,14  | 69,50  | 44,98  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —      | 0,59   | 2,54   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 11,39  | 9,37   | 7,81   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,91   | 0,62   | 4,20   |
| FeO . . .                            | 4,09   | 5,39   | 8,89   |
| MgO . . .                            | 5,36   | 2,62   | 12,52  |
| CaO . . .                            | 10,10  | 5,36   | 13,67  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,20   | 5,41   | 4,27   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,81   | 1,41   | 1,12   |
|                                      | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Nr. | Mineralische Zusammensetzung | L     | M     | Q      | A    | C    | Or     | Ab   | An   | Magma |
|-----|------------------------------|-------|-------|--------|------|------|--------|------|------|-------|
| 1.  | Lab. Byt. Hy. Di. Ol.        |       |       |        |      |      |        |      |      |       |
|     | Mt.                          | 61,60 | 24,34 | 14,06  | 4,01 | 7,38 | 10,4   | 41,5 | 48,1 | IVa 7 |
| 2.  | Plag. Aug. Mt. Glas          | 63,68 | 21,10 | 15,22  | 6,55 | 2,82 | 17,7   | 64,6 | 17,7 | IVa 7 |
| 3.  | Ne. Plag. Aug.               |       |       |        |      |      |        |      |      |       |
|     | Äg.-Aug. Oliv.               | 50,40 | 67,72 | —18,12 | 5,30 | 3,04 | e=0,60 | —    | —    | III 2 |

1. Augitandesit, Farallon de Pájaros, Marianen. Anal. Eyme. E. Kaiser, Jahrb. Kgl. Preuss. Landesanstalt 1913. 25. S. 117.

2. Augitandesitobsidian, Insel Saipan, Marianen. Anal. Eyme. E. Kaiser, ibidem S. 120.

3. Nephelinbasalt, Insel Ponape, Karolinen. Anal. Eyme. E. Kaiser, ibidem S. 112.

### II. Der Halmaherabogen. (Nordmollukkenbogen Wichmanns.)

Der Halmaheravulkanbogen beginnt auf der Ostseite der Nordhalbinsel in der Bucht von Mamoeja, setzt über die Insel hinweg, folgt dann eine Strecke lang der Westküste, um auf den Inselkranz von Ternate und seine Fortsetzungen überzuspringen, die in breitem Gürtel die West- und Südküste der Insel begleiten. Der Halmaherabogen ist der am weitesten nach Osten vorgeschobene Vulkangürtel.



Irgendwelche Verbindung mit den Vulkansystemen der Philippinen besteht heute nicht mehr. Die Philippinenbögen gewinnen Anschluss an Celebes. Ebensowenig lässt sich eine Verbindung mit dem Marianenbogen erkennen. Möglich wäre, dass der Bogen Anschluss an die Vulkanzonen Neuguineas hätte. Unsere Kenntnis dieser Gegenden reicht heute noch nicht aus, um diese Frage zu entscheiden.

Halmahera kopiert in den Umrissen und in der geologischen Struktur Celebes. Den Grundstock der Insel liefern basische Eruptivgesteine, Gabbro, Peridotit, Melaphyr und Diabas von z. T. schon mesozoischem Alter. Eine ältere Andesitformation, bestehend aus Breccien und Konglomeraten, liegt darüber. Es folgen Sedimente, jungmesozoische oder frühtertiäre, darunter Radiolarite, die nach stärkerer Faltung zum grössten Teil erodiert wurden. Diskordant auf den Erosionsflächen liegen tertiäre Sedimente, die Ende Tertiär wiederum gefaltet wurden.

Die Vulkane sind in ihrer Hauptmasse jünger als die letzte Faltung. Die zwei Faltungen, die posteozeäne und plio-pleistozäne, sind unschwer wieder zu erkennen.

Das Rückgrat der Insel im Norden bildet das Moratiagebirge, wie es Gogarten nennt, und seine Fortsetzung das Negengebergte (Neuner-gebirge) (Boekit-Sio). Es sei noch besonders hervorgehoben, dass die beiden im Osten vorgelagerten Inseln Rau und Morotai nicht jungvulkanisch sind.

Der Vulkanbogen beginnt mit der Gruppe um die Mamoejabucht an der Ostküste. Es sind zu nennen:

Tolo (Doeko-ma-Tala) (Dodokoe) 1080 m (Gogarten). Der Vulkan lehnt sich an die Hänge des Tobelogebirges an. Sein Krater besteht aus einer grossen zentralen Sandfläche, der Tanah Lapang. Ausbrüche sind bekannt: 1550 Nov., Dez. schwerer Explosivausbruch, 1901 schwach. 1861 und 1911 solfatarische Tätigkeit.

Mamoeja (Mudanga, Popilo) 937 m (Verbeek), ein schlanker Kegel aus pyroxenandesitischem Material, Tarakan 302 m (Verbeek), ein regelmässig abgestumpfter Kegel mit elliptischem Krater, Itji 188 m liegen an der Galelabai. Ausbrüche sind nicht bekannt.

Auf der Westküste beginnt der Zug nach einer Lücke mit dem Loloda 810 m (Gogarten). Die der Küste vorgelagerten Südlolodainseln gehören, soweit sie vulkanisch sind, nach Gogarten wohl zum Sockel des Vulkans, die Nordlolodainseln sind nach ihm nicht vulkanisch und beruht Verbeeks Auffassung auf einer falschen kartographischen Darstellung dieser Inselgruppe.

Iboe 1500 m hatte am 30. Aug. 1911 einen unbedeutenden Aschenausbruch.

Gamkunora 1500 m zeigt einen abgestumpften Kegel, der nach Süden und Norden offen ist. Ausbrüche sind beglaubigt von 1564 oder



1565, ferner ein gewaltiger explosiver Ausbruch am 20. Mai 1673. Die Asche wurde bis Celebes, Sangir und Mindanao verweht. Seitdem ist der Berg höchstens solfatarisch tätig.

Die weiteren Vulkane Onoe 870 m, Todoeckoe 1224 m, Sahoe 1260 m und Gilolo 1110 m (Tala, Talla-ma Kieü = Harzberg) sind nicht tätig.

Nun tritt die Vulkanzone auf den der Küste vorgelagerten Inselkranz über.

Hiri 650 m, Ternate 1724 m, Maitara 360 m, Tidore 1724 m besitzen einen gemeinsamen Sockel und bilden einen zusammengesetzten Vulkan über einer Spalte mit sieben Hauptausbruchspunkten. Das aktive Zentrum liegt heute im Pic von Ternate 1624 m, einem Somnaberg mit einem jüngeren Kegel von 30 Grad Böschung. Dieser Vulkan ist der tätigste des ganzen Bogens. Er förderte der Hauptsache nach Lockerprodukte, doch auch wiederholt Lavaströme.

Ausbrüche werden gemeldet:

|                 |   |  |                   |
|-----------------|---|--|-------------------|
| 1561            | 1737 10. März, Lavastrom des „Verbranden Hoek“. | 1811 1.—8. Febr. Lavaström.                | 1900 1907 17. bis |
| 1605 Mai.       | 1739  | 1812 7. Sept.                              | 20. Nov.          |
| 1608 18. Juli.  | 1770 6. Juli bis 13. Dez.                       | 1814 20. Nov.                              | 3 Lavaströme.     |
| 1635 23. März.  | starker Ausbruch,                               | 1831 27. Mai, 23. bis 27. Juni.            |                   |
| 1643 15. April. | 1771 28. Aug. bis 6. Sept.                      | 1835 4. Jan. und 15. Juni.                 | 1911 2. bis       |
| 1654            | Lavastrom.                                      | 1838 26. Febr.                             | 5. Sept.          |
| 1659            | 1771 Nov. bis Dez.                              | 1839 25.—26. März. Lavaströme nach Norden, |                   |
| 1676 od. 1677   | 1772 25. Jan. bis 27. März.                     | 1840 Febr. bis Sept. Lavaströme.           |                   |
| 1686 Sept.      | 1772 5. Okt.                                    | 1841 19. Febr., 3. Mai,                    |                   |
| 1687 10. Mai.   | 1773 2. Febr. und 7. Febr.                      | 6. Okt., 31. Dez.                          |                   |
|                 | 1774 21. Jan.                                   | 1843 19. Jan., April bis Nov.              |                   |
|                 | 1775 20. Aug. Lavaströme.                       | 1844 24.—28. März.                         |                   |
|                 |   | 1845 23.—28. April, Sept.                  |                   |
|                 |   | 1846 19. Mai.                              |                   |
|                 |   | 1847 7. Febr. Lava.                        |                   |
|                 |   | 1850 20. Febr., 30. April,                 |                   |
|                 |   | 15.—19. Nov.                               |                   |
|                 |   | 1858 Nov., Dez.                            |                   |
|                 |   | 1859                                       |                   |
|                 |   | 1860                                       |                   |
|                 |   | 1862 15. Juli. Lava?                       |                   |
|                 |   | 1863 Mai bis Juni.                         |                   |
|                 |   | 1864 20., 26. Jan., 28. Dez.               |                   |
|                 |   | bis  |                   |
|                 |   | 1865 2. Jan. Lava.                         |                   |
|                 |   | 1868 13. März.                             |                   |
|                 |   | 1869 11. Jan. bis 10. Febr.                |                   |
|                 |   | 1871 7.—24. Aug. Lavaströme.               |                   |
|                 |   | 1884                                       |                   |
|                 |   | 1896 3. - 5. Aug.                          |                   |
|                 |   | 1897                                       |                   |
|                 |   | 1898                                       |                   |



Der Berg erreicht im 19. Jahrhundert sein Maximum der Tätigkeit. Seine Produkte sind Olivinpyroxenandesite.

Mare 15 m ist ein alter, eingestürzter Vulkan. Erst die Insel Motir 700 m soll nach Angaben der Eingeborenen 1774 einen Ausbruch gehabt haben. Die grössere Insel Makjan trägt einen Vulkan mit zwei Kratern. Der nördliche war 1861 28./29. Dez., der östliche 1890 29.—30. Juni tätig. Weitere Ausbrüche werden von 1646 19.—21. Juli, 1760 22. Sept., 1861 Dez. mit Lava, 1862 Aug., 1863 Aug., 1864 Okt.

Von da ab verdoppelt sich der Bogen. Tätige Vulkane fehlen. Das äussere westliche Fragment lässt sich von den Guraitjiinseln über Kasiroeta, Mandioli verfolgen. Die Inseln Keke, Lawien und Pisang gehören ihm vielleicht an, obschon eine beträchtliche Lücke dazwischen offen bleibt. Der innere, östliche Bogen führt von Kajoa, Batjan, Dowora zum Saloarchipel und nach längerer Unterbrechung nach Kofiau.

Dieser Teil des Bogens ist der ältere. Als letzte Spuren sind heisse Quellen zu erwähnen, wie die intermittierende heisse Quelle von Atorie, auf Batjan ein ausgesprochener Geysir. Die Quellen entspringen am Fusse des Sebela und Segarogebirges, z. T. noch im Meer.

Die Laven des Halmaherabogens sind spez. schwere Alboranite bzw. Feldspatbasalte. Die wenigen vorhandenen Analysen (vgl. Tabelle S. 179, Nr. 7—12) zeigen basische, melanokrate Alboranite mit hohem Anorthitgehalt an. Analyse 12 beweist, dass im Norden auch Gesteine von banakitischen Charakter vorkommen.

## **B. Das innere Bogensystem.**

### **I. Der Batanesbogen.**

Die ersten Spuren des Bogens finden sich in den Andesitlaven von Kompo auf der Ostküste von Formosa. Ein submariner Ausbruch von der Ostküste von Formosa mit starken Rauchsäulen und Aschenauswurf wurde nach Sapper in 24 Grad nördl. Br. und 121 Grad 50 Min. östl. L. am 29. Okt. 1853 beobachtet. Der Bogen erscheint über dem Meere mit dem kegelförmigen Inselvulkan Kashô (Samasana) vor der Ostküste von Formosa. Kotô bestimmte die Laven als Hypersthenhornblendeandesit. Es folgt Botel-Tobago (Kotôinsel) 120 m. Der Kern der beiden Inseln sind Gabbro und Serpentin. Im Nordosten liegen vulkanische Agglomerate wohl miozänen Alters darüber. Hornblendeandesite und Barkevikitryholithe erwähnt Kotô. Die letzteren Gesteine weisen auf atlantische Laven. Die Klippen Forest Bellrock und Gaddock sind weitere Spuren. Dann setzt der Bogen über den tiefen Bashikanal zu den Bataninseln.



Yami, Mabudis, Sigan und Inem 550 m bestehen hauptsächlich aus Basalt und vulkanischen Agglomeraten.

Erst auf Batan findet sich ein grösserer Vulkan, der Iraya 1160 m (Ferguson). Aus einem alten Explosionskrater wächst der eigentliche Kegel mit hufeisenförmigem Krater, der durch einen Lavastrom aufgerissen ist. Auf seiner Südseite sind Reste einer ältesten, dritten Kraterumwallung noch erhalten. Die Laven sind olivinführende Hypersthenaugitandesite und Andesitbasalte.

Die Insel Sablan gehört zum Vulkansockel, der nach W. Smith altmiozän oder vormiozän ist, also der älteren Andesitformation angehört, denn es liegen miozäne Kalke darüber. Ausbrüche des Iraya sind nicht bekannt. Dagegen sind submarine Eruptionen in dieser Gegend wiederholt beobachtet worden, so 1850, 1854 15. Jan. Der Balingtangkanal trennt die Inselgruppe von den Babuyanesinseln.

Mit der Annäherung an Luzon nimmt die vulkanische Intensität des Bogens zu.

Babuyan Claro 1000 m trägt auf ihrem Westende einen sehr tätigen Vulkan, der im Jahre 1831 eine grosse Explosion hatte, die durch ihre feinste Asche in Europa Dämmerungserscheinungen hervorrief. 1860 fand abermals ein Ausbruch statt.

Der Vulkan Didica (Dedica) ist ein submariner Vulkan, der in den Jahren 1856, 1857 bis 1860 fast ununterbrochen tätig war und bis 260 m emporwuchs. Er wurde später wieder fast restlos zerstört. Hier ist das aktive Zentrum des ganzen Bogens zu suchen.

Camiguin de Babuyanes 736 m ist solfatarisch tätig. Aus dem Jahre 1773 erwähnt Sapper in der Nähe von Luzon einen Ausbruch, dessen Ort sich nicht mehr feststellen lässt. Der Bogen tritt mit dem Vulkan Cagua (Kawa) 1194 m in Nordluzon ein. Auch dieser Vulkan ist nur solfatarisch tätig, zumal im Jahre 1860. Damit ist der Philippinenarchipel erreicht.

Der Bogen scheint in historischer Zeit Lavaströme nicht mehr gefördert zu haben und nur explosiv tätig gewesen zu sein. In seiner Fortsetzung liegt die Sierra Madre oder Ostkordillere auf Nordluzon, die nur wenig bekannt ist, aber jüngere Vulkane nicht zu besitzen scheint.

## II. Die nördlichen Philippinen-Vulkansysteme.

Die vortertiäre Geschichte des Philippinenarchipels ist in Dunkel gehüllt. Man kennt zwar an verschiedenen Stellen metamorphe Schiefer und kristalline Gesteine, Diorite und Gabbro, doch weiss man über ihr Alter nichts Sicheres. Warren Smith ist geneigt, sie für sehr jugendlich, vielleicht gar für tertiär zu halten. Drei Diskordanzen sind bisher festgestellt.



Die älteste an der Basis des Tertiär, die zweite entspricht der grösseren, posteoziänen Faltung und liegt im Miozän, die dritte über dem Pleistozän. Die vertikalen Bewegungen vollzogen sich in folgendem Rhythmus: Eozän bis Untermiozän Hebung und Faltung, Mittelmiozän bis Obermiozän Senkung, Eruption der älteren Andesitformation. Mit dem Pliozän beginnt wieder die Hebung, die bis in die Gegenwart hinein dauert. Die jungen Vulkane bauen ihren Sockel mit dem Pliozän auf.

Zwischen der zentralen Kordillere und der Sierra Zambales zieht sich ein grabenförmiger Streifen hin, der mit jungvulkanischen Laven angefüllt ist. Im Baguio-Mineraldistrikt, Prov. Benguet, sind gewaltige Decken von Andesiten ausgeflossen, die Eveland mit den Massenergüssen des Mt. Shasta in Kalifornien vergleicht. Wie dort herrschen Hypersthenaugitandesite und Augitandesite, vereinzelte grössere, aber bereits erloschene Stratovulkane sind die letzten Äusserungen der vulkanischen Kraft, die vor noch nicht allzulanger Zeit ihr Ende gefunden hat. Es sind der Mt. Dato 2245 m (H. Mayer) auf der Wasserscheide der Flüsse Rio Agno, Abra und Bontoe. Der Berg ist bis zum Gipfel bewachsen, nur warme Quellen sind die letzten Überbleibsel vulkanischer Tätigkeit. Ferner ist der Mt. Arayat 878 m (Becker) eine isolierte Vulkanruine, bedeckt mit dichter Vegetation. San Tomas oder Tonglon, dem man noch in historischer Zeit Ausbrüche zugeschrieben hatte, ist kein Vulkan. Der Graben setzt sich zur Manilabucht und zur Laguna de Taal fort.

Unsere geologische Kenntnis der Philippineninselwelt reicht noch nicht aus, alle diese Zusammenhänge klar zu erkennen, sie lassen sich vorerst in verschwommenen Umrissen ahnen.

Die weitgehende Zerstückelung des Archipels macht den Eindruck, als wenn unter der Einwirkung von Zugkräften gegen den Pazifischen Ozean und dann unter der resultierenden Zugrichtung gegen den Indischen und Pazifischen Ozean zugleich die Krustenteile gleitend über die Magmaschale auseinandergetrieben und bewegt seien. Mindoro ist gegen Westen von der ursprünglichen Lage abgetrieben (vgl. Abb. 13, S. 168).

Es lag in der Achse der Sierra Zambales oder Westkordillere, die über Laguna de Taal sich fortsetzt. Panay und Masbate sind zusammengehörige Splitter, desgleichen Negros und Cebu. Nach Westen ist ferner die grosse Insel Mindanao abgedriftet und hat dabei eine Drehung erfahren. Die über Samar verlaufende Ostkordillere setzt sich in die Ostkordillere von Mindanao fort, die östlich von der Davaobai im Kap San Augustin in das Meer ausstreicht. Der Westarm von Mindanao fügt sich dann in den Sulubogen ein, der weiter über die Südosthalbinsel von Negros nach Cebu verläuft, während die Masbate-Leyte-Antiklinale die Agusan-Davao-senke im Westen flankiert. Die Leitlinien biegen in die submeridionale Richtung ein, die weiter im Süden auf Celebes herrscht. Die Bogen des



Palawan-Sulusystems setzen, wie man auf Masbate deutlich sieht, scharf an den pazifischen Randbögen von Masbate-Leyte ab. Es geht daraus hervor, dass diese Falten etwas jünger sind. Fraglos sind sie aber von der Zerstückelung gebildet, da Bogenfragmente aus ihrer Richtung verschoben

Abb. 13.



Rekonstruktion der ursprünglichen Lage der Krustenteile vor der gleitenden Bewegung.  
Die gestrichelten Konturen geben die ursprüngliche Lage an.

sind. Die Faltungen gehören dem posteoänen Faltungszyklus an, der hier Ende Untermiozän im wesentlichen zum Abschluss gekommen ist. Denn nur im Mittelmiozän setzt eine Periode der Senkungen ein. Aber schon Ende Obermiozän beginnt die vertikale Bewegung rückläufig zu werden. Mittel- bis Obermiozän steht also zeitlich für die Zerstückelung zur Ver-



fügung, die augenscheinlich mit dem Niedergehen des Indischen Ozeans und anderer Meeresbecken im Archipel in genetischem Zusammenhang steht. Die Auflockerung wurde dann in der Folgezeit, Pliozän bis Gegenwart, durch jungvulkanische Magmen kompensiert. Sie leitete durch Massenzufuhr die Hebungen ein, die bis heute noch vorherrschen. Weiter lehrt aber der junge Vulkanbogen, der über die Vulkane Camiguin, Apo, Malutan, quer über Mindanao verläuft und im Sanguirbogen die Verbindung mit Celebes herstellt, dass derselbe dem abgedrifteten Relief aufsitzt und erst nach der Zerstückelung und Zerreißung gebildet sein kann, also postmiozän ist. In der Gegend der Manilabucht und der Laguna de Taal erfahren die Leitlinien einen Knick, und es nimmt nicht wunder, dass hier der junge Vulkanismus sich am gewaltigsten geäußert hat. Wenn wir erst die geologische Struktur der Insel noch etwas gründlicher kennen und die ausgestossenen Magmen in ihrer chemischen Zusammensetzung besser erforscht haben, so werden sich die hier vermuteten Zusammenhänge nachprüfen lassen.

### III. Die Taalzone.

#### 1. Die Manilabai.

Zur westlichen Umrandung des kesselförmigen Einbruchs der Manilabucht gehört das jungvulkanische, aber erloschene Marivelesgebirge.

Hervorragende Zentren sind der Butilao Peak 1333 m, ein plio-pleistozäner Andesitvulkan, Mariveles (Nagouliat) 1425 m, stark bewaldet. Die Halbinsel Mariveles setzt sich im Meere in den Klippen und kleineren Inseln Corregidor 182 m und Poulo Caballo fort. Der Dazit von Corregidor durchbricht die basischen Andesite und ist sehr wahrscheinlich pleistozän.

In Cavite folgt Pico de Loro 631 m. Nach Becker deuten heiße Quellen eine gegen das Kap Santiago verlaufende Spalte an. Der Mt. Pinatubo, eine spitze Nadel, ist nach Warren Smith kein Vulkan sondern ein Erosionsrest von Feldspatporphyr, desgleichen existiert ein Vulkan Ambil der älteren Literatur in der Einfahrt zur Bucht nicht.

Ähnliche Einbrüche wie die Manilabai sind die Laguna de Bombon.

#### 2. Taal.

Der Taalvulkan 320 m erhebt sich auf einer dreieckigen Insel inmitten der Laguna de Bombon. Sein Krater besitzt im Verhältnis zur Höhe riesige Dimensionen. In nord-südlicher Richtung beträgt nach Becker der Durchmesser 1900 m, in ost-westlicher Richtung 2300 m. Die Tiefe gibt de Lamarche zu 75 m an. Der Tuffkegel hat eine Böschung von 25 Grad und ist von tiefen Barrancos durchfurcht. Auf dem Kraterboden befanden sich bis 1906 zwei mit konzentrierten Salz-



lösungen erfüllte Seen, der grüne Pfuhl im Süden und der grössere gelbe Pfuhl im Norden. Centeno stellte fest, dass ihr Spiegel mit dem der Laguna de Bombon im Gleichgewicht stand. Die Temperatur des gelben Sees betrug 100°. 1907 war der gelbe See ohne vorangegangene Eruption verschwunden. Das aktive Zentrum lag zuletzt südöstlich vom grünen Pfuhl.

Nordwestlich vom Taalvulkan reihen sich offenbar über einer südost-nordwestlichen Spalte zwei ineinander geschachtelte Kraterwälle und der Binintiang Grande (Binintiang Malaqui) 262 m an, ebenfalls mit grossem Krater, auf der Südspitze der Binintiang chiquito. Die Laven des Taal sind basische Augitandesite und Basalte.

Die Geschichte der Ausbrüche reicht bis zur Conquistazeit zurück. 1572, 1591, ferner 1605—1611, 1634, 1635, 1680 (nach Adams). 1707—1733 waren nach Semper die beiden Binintiangs abwechselnd tätig. 1716 24.—26. Sept. brachte einen Ausbruch im See im Südosten der Insel. 1729, 1731, 1749 11. Aug.

Der grösste Ausbruch begann am 15. Mai 9 Uhr nachmittags 1754 und dauerte bis 1. Dez. Die ganze Umgegend der Laguna wurde vernichtet. Nur Asche und Auswürflinge wurden gefördert, aber keine Lava.

Weitere Ausbrüche werden aus den Jahren vermeldet: 1808 März. 1874 19. Juli, 1878 12.—15. Nov., 1903 April bis 1907.

Die letzte grosse und wohl heftigste Eruption des Taalvulkan begann nach Pratt am 27. Januar 1911 und steigerte sich bis zu einer gewaltigen Explosion am 30. Januar, welche ein Gebiet von 230 qkm verwüstete. Anfang Februar kam der Vulkan zur Ruhe. Die Eruption trug reinen explosiven Charakter. Gefördert wurde fast ausschliesslich altes Material. Neues Material aus grosser Tiefe war spärlich. Die Eruptionswolke bestand aus Dampf, Asche und Schlamm und erhob sich wenigstens 3500 m über den Kraterand. Die Lichtbogenerscheinung (vgl. I., S. 539) konnte beobachtet werden. 2000 qkm wurden mit Asche bedeckt, die bis zu 52 km Entfernung vom Vulkan niederfiel. Infolge des Ausbruchs bildete sich ein Spaltensystem mit Nord (30 Grad) — Ost-Streichen, welches der tektonischen Linie Palawan — Laguna de Bay und Balayan Bay bis Mt. Gonzales entspricht.

Es sei ausdrücklich hervorgehoben, dass der Taalvulkan in historischer Zeit Lavaströme nicht gefördert hat. Die vulkanische Intensität ist über die vulkanianische Phase nicht hinausgekommen.

Der Maquiling 1140 m (Becker) ist nach v. Drasche ein dicht bewaldeter, steiler Vulkanhügel, gegen Nordosten aufgebrochen. Perlitische Hornblendeandesite und Dolerite sind von ihm festgestellt. Fumarolen und heisse Quellen sind die letzten Äusserungen.

Malarayat (Pico de Lipa, Hochstetter), ein Doppelkegel mit den Gipfeln Malarayat und Sosoncaming, ist erloschen.



Majaijai (Banajao) 2249 m (Becker) ist der grösste der Laguna-Vulkane. Nur eine Explosion aus dem Jahre 1730 ist bekannt.

Die Laguna de Bai ist eine seichte, mit süssem Wasser erfüllte Depression vulkanischer Entstehung. Die Taalvulkanzone erscheint dort, wo die Gebirgssysteme von Nordluzon und die tektonischen Linien von Südluzon, Camarines und Masbate, ferner das System Palawan-Palagua im spitzen Winkel zusammenstossen.

#### IV. Albay oder Mayonzone.

Die Albayzone verläuft auf der Camarineshalbinsel parallel zum Ozeanrand.

Die Vulkane der Zone sind zunächst erloschen, wie Mt. Labo (Tetas de Polantana) 1155 m (Becker), Sierra de Colasi, Isarog 1965 m, Iriga 1212 m (Jagor) mit einer gewaltigen gegen Südosten aufgebrochenen Kaldera, Malinao (Buhi) mit Solfataren und heissen Quellen mit Sinterterrassen, die an den Yellowstone Park oder Neuseeland erinnern, Mazaraga 1354 m (Becker).

Das aktive Zentrum liegt in dem ausserordentlich regelmässigen Vulkankegel des Mayon oder Albay 2421 m (Adams und Pratt). Die Profilkurve ist von musterhafter Regelmässigkeit (vgl. Bd. I, S. 477).

Der Kegel besteht aus Asche und Lapilli. Der Krater ist auffallend klein. Lava hat der Berg häufig, aber nur in geringen Massen zum Vorschein gebracht. Die Ströme sind klein und zusammenhanglos. Der Berg muss einen sehr langen geraden Förderkanal besitzen, da zwar häufig Lava, aber immer nur in geringen Mengen gefördert wurde und der Krater klein ist. Die Regelmässigkeit der Gestalt ist die Folge.

Seine Eruptionen sind:

1616; 20. Juli 1766 mit einem Lavastrom auf der Ostseite; 1800; 1. Februar 1814 eine sehr schwere Explosion, die 1200 Menschen getötet haben soll, auch Lava; Juli 1827 bis Febr. 1828; März 1835; 1845; Ascheneruptionen 1846; 1851; 13. Juli 1853; März 1855; 1857; Lavaausfluss 1858; 1862; 17. Dez. 1868; 8. Dez. 1871 Lava; Sept. 1872; 20. Juni 1873; 6. Juni bis Aug. 1881; 1882; 21. Nov. 1885 Lava auf der Südseite; Juli 1886 bis 9. März 1887; 15. Dez. 1888; 10. bis 30. Sept. 1890; 3. Okt. 1891; 20. Febr. 1892 etwas reichlicher Lava; 4. Okt. 1893; 20. Juli 1895; 31. Aug. 1896; 26. Juni 1897; 1. März 1900 ein schwerer Ausbruch.

Es folgt Poedol (Bacon) mit heissen Quellen an seinem Fuss und der gewaltige Bulusan, ein Sommaberg im Solfatarenzustand. Erhöhte Tätigkeit 1852 und 1892 zugleich mit dem Albay.

Die Laven der Albayzone sind Hornblendeandesite. Auch andesitische



Basalte und Dolerite werden genannt. Die rezenten Laven der Albayzone sind basische Pyroxenandesite. Vgl. Analyse II, 13, S. 177.

Mit dem Bulusan endet das uns bekannte Bogenstück. Die Insel Samar ist zu wenig erforscht, um irgend welche Mutmassungen über die weitere Fortsetzung anzustellen.

### V. Biliran-Leytezone.

Ob zwischen der Biliran-Leyte- und Albayzone ein Zusammenhang besteht, bleibt offen. Die Laven sind die gleichen. Der Bogen beginnt auf Masbate, verläuft über die Insel Maripipi 911 m (Albella). Die grössere Insel Biliran wird von einer vulkanischen Zentralkordillere aus Hornblendeandesiten durchzogen, sie besitzt erloschene und noch tätige Solfataren und Schwefelquellen, so auf der Westseite des Mt. Guinon bei Cajúcao im Quellgebiet des Caraycaray. Dieselbe Zentralkordillere läuft weiter durch die Insel Leyte, aber über das Solfatarenstadium geht die Tätigkeit auch hier nicht hinaus. Die Hauptpunkte sind: Mt. Aman-diuing mit den Solfataren von Kasiboy, S. Burauen, Mt. Cabalian, Limansaura. Damit ist die Strasse von Suriago und damit Mindanao erreicht. Bereits oben wurde darauf hingewiesen, dass Mindanao unter Drehung von zirka 10 Grad im Uhrzeigersinn um etwa 100 km gegen Westen aus seiner ursprünglichen Lage gleitend abgedriftet sei. Mindanao sei daher später besprochen.

### VI. Negros-Zamboanga-Zulubogen.

Zum indisch-pazifischen System gehört der Bogen, welcher durch Negros über den Westarm von Mindanao, die Halbinsel Zamboanga zur Insel Basilan verläuft und in den Zulubogen einschwenkt. Durch die Auslenkung von Mindanao rückt das Zamboangafragment gegen Nordwest heraus.

Die Hauptzentren sind Canlaon (Malaspina) 2496 m, der höchste Punkt der Zentralkordillere von Negros, ein tätiger vulkanischer Kegel. Ausbrüche sind bekannt: 1866; Juli 1893; Mai, Juni 1894; 21. Jan. 1902 mit Lava. Die Gesteine sind Pyroxenandesite und Basalte. Analyse III, 3—4, S. 179.

Auf der Südostseite des Cuernos de Negros, 16 km von Dumaguete erhebt sich auf der Südspitze der Insel der solfatarisch tätige Magasu. Am 12. Mai 1902 mit erhöhter Tätigkeit.

Die Zamboanga-Halbinsel ist aus den gleichen Andesiten aufgebaut, Analyse III, 6, S. 179.

Basilan ist die erste Insel des Sulu-Kranzes. Auf der grössten Insel des Archipels kennt man drei Ausbruchsstellen, den Bud Dajo



880 m mit Lapilli und Schlacken, den Kraterkegel 3—5 km südöstlich von Asturicas und endlich den solfatarischen Krater Si'it Lake. Die Inseln Siasi und Tawi Tawi sind weiter vulkanisch. Am 4. Januar 1641 fand im Suluarchipel ein schwerer Ausbruch bei Sulu statt.

Der Negrosbogen umrahmt ein andersgeartetes Rindenstück; auf Masbate, und auch auf Panay erscheinen Leuzitgesteine, die jünger als die Andesite sein dürften. Analysen existieren leider nicht. Über ihre Verbreitung ist nicht viel bekannt. Es scheinen Leuzittephrite zu sein, wie die der Kaliprovinz von Ostjava und Celebes.

Die Inselgruppe Cagayan de Jolo, die in der Fortsetzung der westlichen Kordillere von Panay liegt, soll vulkanisch sein und heisse Quellen besitzen.

Dagegen ist der nördliche der indopazifischen Bögen, der Lubang-Calamianes-Paragua-(Palawan-)Bogen z. T. vulkanisch.

Die beiden ersten Inselgruppen sind nach Kotô basaltisch.

Palawan soll Vulkankegel und warme Quellen besitzen. Dumarán nordöstlich von Palawan soll nach Mendez Vigo (bei Becker zitiert, S. 530) zwei solfatarisch tätige Vulkane Alioaneia und Talasiquin besitzen.

Nunmehr wäre die grosse südliche Hauptinsel Mindanao zu besprechen. Auf Mindanao sehen wir zwei tektonische Richtungen vorherrschen. Pazifisch ist die Ostkordillere, die vom Suriagokap zum Kap Augustin verläuft. Mainit (Sapongon) und Mt. Diutita sind nach Becker vulkanische Spuren.

Ich möchte in dieser Kordillere die Fortsetzung von Samar und nicht von Leyte vermuten. Samar und Mindanao sind die gewaltigsten Ozeanvortiefen vorgelagert. Aber sonderbarerweise sind keine tätigen Vulkane am Rand zu beobachten. Durch die Augusansenke und Davaobai getrennt folgt die pazifisch verlaufende zentrale Vulkanzone. Drei weitere Kulissen verlaufen indopazifisch, der Macaturinbogen, die kurze Kullisse von Illano und die bereits erwähnte Zamboangakordillere. Es sei zuerst der Macaturinbogen betrachtet.

## VII. Macaturinbogen.

Der Bogen beginnt mit Basalten zwischen Camp Overtox und Lake Lanao. Lake Lanao sieht Warren Smith als tektonischen Einbruch an.

Calayo nördöstlich vom Macaturin ist ein kleiner Vulkan in 7 Grad 50 Min. nördl. Br. 124 Grad 40 Min. östl. von Greenwich und soll nach dem Zeugnis des Jesuitenpaters Eusebio Barrado 1886 einen solfatarischen Ausbruch gehabt haben, auch 1891 rauchte er. Der Hauptvulkan ist der Macaturin (Pollock, Siyut, Illano) nach Becker in 7 Grad 36 Min.



## Philippinen, Nordluzon. I.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1     | 2      | 3     | 4      | 5      | 6      | 7                    | 8     | 9      | 10     |
|--------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|----------------------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 58,54 | 54,10  | 53,92 | 58,35  | 57,49  | 57,06  | 60,13                | 68,31 | 60,48  | 54,80  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,70  | —      | —     | —      | —      | —      | 0,44                 | —     | —      | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,01  | —      | —     | —      | —      | —      | 0,06                 | —     | —      | —      |
| ZrO <sub>2</sub>               | 0,04  | —      | —     | —      | —      | —      | —                    | —     | —      | —      |
| Cl                             | 0,05  | —      | —     | —      | —      | —      | —                    | —     | —      | —      |
| F                              | 17,62 | 19,01  | 18,68 | 16,70  | 18,40  | 20,00  | 18,13                | 18,18 | 18,11  | 19,29  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,89  | 4,32   | 4,27  | 4,08   | 5,46   | 3,03   | 3,25                 | 2,15  | 3,14   | 1,83   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,33  | 2,45   | 2,65  | 3,28   | 1,71   | 3,01   | 0,91                 | 0,37  | 1,67   | 2,54   |
| MnO                            | 0,13  | —      | —     | —      | —      | —      | 0,27                 | —     | —      | —      |
| MgO                            | 2,27  | 3,02   | 2,93  | 3,29   | 3,05   | 3,27   | 3,95                 | 0,25  | 2,12   | 3,11   |
| CaO                            | 7,25  | 8,90   | 8,85  | 7,71   | 7,61   | 7,18   | 6,54                 | 0,24  | 4,94   | 8,21   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,76  | 3,08   | 2,92  | 2,62   | 3,38   | 2,95   | 3,78                 | nicht | 2,40   | 1,55   |
| K <sub>2</sub> O               | 1,62  | 2,98   | 2,66  | 2,87   | 1,99   | 3,06   | 0,77                 | 0,98  | 1,38   | 2,50   |
| H <sub>2</sub> O               | 1,24  | 2,04   | 2,23  | 1,08   | 1,61   | 0,77   | 0,90                 | 7,04  | 2,23   | 4,82   |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,04  | 0,52   | 0,44  | 0,08   | 0,14   | 0,13   | 1,45                 | 1,84  | 3,83   | 1,58   |
| Sonst. Best.                   | 0,04  | —      | —     | —      | —      | —      | Cl = 0,09 BaO = 0,03 | —     | —      | —      |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,01  | —      | —     | —      | —      | —      | F = 0,02 SrO = 0,07  | —     | —      | —      |
| BaO                            | 0,04  | —      | —     | —      | —      | —      | S = 0,02             | —     | —      | —      |
| SrO                            | 0,01  | —      | —     | —      | —      | —      | —                    | —     | —      | —      |
| Sa.                            | 99,59 | 100,42 | 99,55 | 100,06 | 100,84 | 100,46 | 100,15               | 99,36 | 100,30 | 100,23 |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 65,87 | 61,56 | 61,90 | 64,84 | 64,56 | 63,49 | 66,48 | 83,95 | 70,84 | 64,09 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,58  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,36  | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,02  | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,66 | 12,73 | 12,62 | 10,92 | 12,15 | 13,99 | 11,79 | 13,14 | 12,48 | 13,27 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,80  | 1,84  | 1,84  | 1,70  | 2,30  | 1,26  | 1,55  | 0,99  | 1,38  | 0,80  |
| FeO                            | 3,12  | 2,32  | 2,53  | 3,04  | 1,60  | 2,79  | 0,84  | 0,37  | 1,63  | 2,48  |
| MnO                            | 0,12  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,25  | —     | —     | —     |
| MgO                            | 3,83  | 5,15  | 5,04  | 5,48  | 5,13  | 5,45  | 6,55  | 0,46  | 3,72  | 5,45  |
| CaO                            | 8,77  | 10,85 | 10,88 | 9,18  | 9,16  | 8,56  | 7,77  | 0,32  | 6,20  | 10,29 |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,09  | 3,39  | 3,24  | 2,82  | 3,67  | 3,18  | 4,05  | —     | 2,72  | 1,75  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,16  | 2,16  | 1,95  | 2,03  | 1,43  | 2,18  | 0,54  | 0,77  | 1,03  | 1,87  |



| Nr. | Gestein          | Ort                               | Lagerung   | Mineralzus.      |
|-----|------------------|-----------------------------------|--|------------------|
| 1   | Andesit          | Benguat Road, Luzon               | Plio-<br>Pleistozän<br>z. T. vielleicht<br>miozän? | } Olig-Lab.Aug.. |
| 2   | Pyroxenandesit   | Antamok River, Baguio Distr.      |  |                  |
| 3   | Pyroxenandesit   | Antamok River, Baguio Distr.      |  |                  |
| 4   | Pyroxenandesit   | Antamok River, Benguat, Baguio D. |  |                  |
| 5   | Pyroxenandesit   | Antamok River, Baguio Distr.      |  |                  |
| 6   | Pyroxenandesit   | Batuan Creek, Baguio Distr.       |  |                  |
| 7   | Pyroxenandesit   | Olongapo, Luzon                   | } Miozän?  |                  |
| 8   | Andesit verkies. | Mancayan, Luzon                   |  |                  |
| 9   | Andesit verkies. | Mancayan, Luzon                   |  |                  |
| 10  | Andesit          | Mancayan, Luzon                   |  |                  |

| Nr. | Mag-<br>ma  | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | Analytiker     |
|-----|---|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|----------------|
| 1   | IVa7  | 67,64 | 18,86 | 13,50 | 5,25 | 6,41 | 14,1 | 48,2 | 37,7 | E.W. Moreley   |
| 2   | IIa7  | 73,12 | 22,28 | 4,60  | 5,55 | 7,18 | 23,9 | 37,0 | 39,1 | P. J. Fox      |
| 3   | IIa7  | 71,24 | 22,04 | 6,72  | 5,19 | 7,43 | 22,5 | 35,9 | 41,6 | P. J. Fox      |
| 4   | IIa7  | 63,04 | 23,28 | 13,68 | 4,85 | 6,06 | 25,6 | 35,9 | 38,5 | P. J. Fox      |
| 5   | IVa7  | 69,00 | 18,38 | 12,62 | 5,10 | 7,05 | 16,1 | 43,7 | 40,6 | P. J. Fox      |
| 6   | IIa7  | 73,80 | 18,14 | 8,06  | 5,36 | 7,73 | 23,7 | 34,4 | 41,9 | P. J. Fox      |
| 7   | IVa7  | 65,52 | 16,93 | 17,55 | 4,59 | 7,20 | 6,2  | 49,4 | 44,4 | L. S. Salinger |
| 8   | zersetztes Gestein mit Tonerdeüberschuss $t = 12,5$ |       |       |       |      |      |      |      |      | L. S. Salinger |
| 9   | IVa9  | 57,33 | 10,70 | 31,97 | 3,75 | 6,20 | 14,7 | 39,7 | 45,6 | L. S. Salinger |
| 10  | IV 7  | 67,56 | 17,14 | 15,30 | 3,62 | 9,65 | 22,3 | 21,2 | 56,5 |                |

Literatur. 1: Washington II, S. 399, Nr. 215; 2—6. A. J. Eveland, The Phil. Journ. of Science II, Nr. 4, S. 226.

nördl. Br., 124 Grad 26 Min. östl. L. gelegen. Ausbrüche sind bekannt 1765 (Perrey), 20. Jan. 1840; 1. Nov. 1856; 1865 (Becker) und 1871. Die Nachrichten über diesen entlegenen Vulkan sind recht unsicher. Die Cottabatohügel sollen nach Centeno vulkanisch sein. Warren Smith fand nur Kalke. Dagegen ist der Mt. Malindang 2700 m westlich der Ilindangbai ein erloschener basaltischer Vulkan.



Taalzone. II.  
A. Gewichtsprocente.

|                                    | 1      | 2   | 3  | 4      | 5      | 6      | 7      | 8  | 9      | 10     | 11     | 12     | 13  |
|------------------------------------|--------|---|--|--------|--------|--------|--------|--|--------|--------|--------|--------|---|
| SiO <sub>2</sub> . .               | 54,62  | 72,68   | 57,16  | 52,33  | 58,42  | 53,81  | 56,02  | 50,54  | 59,27  | 56,55  | 57,26  | 56,84  | 53,06   |
| TiO <sub>2</sub> . .               | Sp.    | 0,09  | —  | 0,31   | 0,31   | —      | —      | 0,34   | 0,83   | —      | 0,91   | —      | 0,77  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . .  | —      | —   | —  | 0,07   | —      | —      | —      | 0,24   | —      | —      | —      | —      | 0,06  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 16,96  | 15,99   | 16,44  | 17,33  | 17,64  | 19,69  | 16,52  | 21,63  | 17,06  | 22,34  | 16,95  | 18,46  | 19,95   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 4,50   | 0,65  | 4,57   | 3,51   | 5,66   | 8,16   | 5,02   | 3,64   | 2,16   | 1,87   | 7,55   | 1,75   | 3,24  |
| FeO . .                            | 4,27   | 0,21  | 2,78   | 5,73   | 4,00   | —      | 5,51   | 4,22   | 2,61   | —      | —      | 2,51   | 4,94  |
| MnO . .                            | —      | 0,16  | —  | 0,24   | 0,48   | —      | —      | 0,17   | Sp.    | —      | 0,23   | Sp.    | 0,59  |
| MgO . .                            | 5,20   | 0,41  | 2,88   | 5,30   | 2,54   | 3,13   | 4,67   | 3,06   | 1,52   | 2,36   | 1,10   | 1,59   | 3,64  |
| CaO . .                            | 8,56   | 1,66  | 6,49   | 10,71  | 4,50   | 7,73   | 4,20   | 10,47  | 3,37   | 4,74   | 3,56   | 4,78   | 9,41  |
| Na <sub>2</sub> O . .              | 3,26   | 3,26  | 4,77   | 3,17   | 4,44   | 3,64   | 5,83   | 2,88   | 2,49   | 2,38   | 1,64   | 4,12   | 3,24  |
| K <sub>2</sub> O . .               | 1,80   | 2,19  | 1,95   | 0,94   | 2,52   | 2,19   | 1,66   | 1,57   | 3,63   | 4,84   | 1,86   | 2,72   | 0,94  |
| H <sub>2</sub> O + . .             | 0,73   | 1,38  | 3,64   | 0,38   | 0,42   | 2,13   | 0,47   | 0,72   | 6,42   | 4,86   | 7,65   | 6,95   | 0,06  |
| H <sub>2</sub> O — . .             | —      | 1,18  | —  | —      | —      | 0,24   | —      | 0,19   | 1,34   | 2,51   | 1,43   | 1,76   | 0,01  |
| Sonst. Best.                       | —      | Cl=0,02 BaO=0,02<br>F=0,01 SrO=0,03<br>S=0,05 | CO <sub>2</sub> =0,40<br>Cl=0,08 BaO=0,06<br>F=0,07 SrO=0,02<br>S=0,03 | —      | —      | —      | —      | Cl=0,08 CaO=0,01<br>F=0,02 BaO=0,05<br>S=0,01 SrO=0,04 | —      | —      | —      | —      | Cl=0,08 BaO=0,06<br>F=0,07 SrO=0,02<br>S=0,03 |
| Sa. . .                            | 100,25 | 99,79   | 100,96   | 100,29 | 100,93 | 100,72 | 100,26 | 100,13   | 100,74 | 100,41 | 100,14 | 100,48 | 100,29  |
| Spez. Gew.                         | 2,69   | —   | —  | —      | —      | —      | —      | —  | —      | —      | —      | —      | —   |

B. Molekularprocente.

|                                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . .               | 59,76 | 81,05 | 64,91 | 56,76 | 65,32 | 59,74 | 61,75 | 57,24 | 70,95 | 66,33 | 69,28 | 67,93 | 58,61 |
| TiO <sub>2</sub> . .               | —     | 0,07  | —     | 0,25  | 0,26  | —     | —     | 0,29  | 0,75  | —     | 0,83  | —     | 0,64  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . .  | —     | —     | —     | 0,03  | —     | —     | —     | 0,11  | —     | —     | —     | —     | 0,02  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 10,92 | 10,49 | 10,98 | 11,06 | 11,60 | 12,86 | 10,71 | 14,41 | 12,02 | 15,41 | 12,07 | 12,98 | 12,96 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 1,84  | 0,28  | 2,02  | 1,42  | 2,38  | —     | 2,08  | 1,55  | 0,97  | —     | —     | 0,78  | 1,34  |
| FeO . .                            | 3,89  | 0,19  | 2,63  | 5,18  | 3,73  | 7,54  | 5,06  | 3,98  | 2,60  | 1,83  | 7,61  | 2,50  | 4,55  |
| MnO . .                            | —     | 0,15  | —     | 0,22  | 0,46  | —     | 0,34  | 0,16  | —     | —     | 0,23  | —     | 0,55  |
| MgO . .                            | 8,53  | 0,68  | 4,91  | 8,62  | 4,26  | 5,21  | 7,72  | 5,20  | —     | 4,15  | 2,00  | 2,85  | 6,03  |
| CaO . .                            | 10,04 | 2,01  | 7,90  | 12,48 | 5,39  | 9,19  | 4,96  | 12,76 | 4,32  | 5,95  | 4,62  | 6,12  | 11,17 |
| Na <sub>2</sub> O . .              | 3,45  | 3,52  | 5,24  | 3,33  | 4,80  | 3,91  | 6,22  | 3,16  | 2,89  | 2,70  | 1,92  | 4,77  | 3,47  |
| K <sub>2</sub> O . .               | 1,25  | 1,56  | 1,41  | 0,65  | 1,80  | 1,55  | 1,16  | 1,14  | 2,77  | 3,63  | 1,44  | 2,07  | 0,66  |



| Nr. | Gestein                | Ort                             | Lagerung        | Mineralzus.  |
|-----|------------------------|---------------------------------|-----------------|--|
| 1   | Pyroxenandesit         | Spitze von Mariveles, Luzon     | Plio-Pleistozän | Ab <sub>1</sub> An <sub>3</sub> -Ab <sub>1</sub> An <sub>1</sub> |
| 2   | (Dazit) Liparit        | Corregidor Island, Manilabay    | Pleistozän      |  |
| 3   | Hornblendeaugitandesit | Nordseite d. Bucht v. Mariveles | Plio-Pleistozän |  |
| 4   | Augitandesit           | Vulkan Taal, Luzon              | rezent          |  |
| 5   | Dichter Augitandesit   | Vulkan Taal, Luzon              |                 |  |
| 6   | Basalt                 | Malaqui, Taalvulkan             |                 |  |
| 7   | Basalt                 | Binintiang Grande, Luzon        | subrezent       |  |
| 8   | Augitandesit           | Antipolo, Prov. Rizal, Luzon    |                 |  |
| 9   | Trachyt-Tuff           | Guadelupe, Manila, Luzon        |                 |  |
| 10  | Trachyt-Tuff           | Guadelupe, Manila, Luzon        |                 |  |
| 11  | Trachyt-Tuff           | Majayjay, Manila, Luzon         | rezent          |  |
| 12  | Andesit-Tuff           | Manila, Luzon                   |                 |  |
| 13  | Augitandesit           | Vulkan Mayon                    |                 |  |

| Nr. | Mag-<br>ma | L     | M     | Q     | A    | C     | Or   | Ab   | An   |                        | Analytiker   |
|-----|------------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------------------------|--------------|
| 1   | IVa7       | 62,48 | 33,12 | 4,40  | 4,70 | 6,26  | 16,4 | 44,3 | 39,3 |                        | K. Oebbecke  |
| 2   | III8       | 52,08 | 2,13  | 45,79 | 5,08 | 2,01  | 26,2 | 57,4 | 16,4 | $t = 3,40$<br>zersetzt | E.W. Moreley |
| 3   | IVa7       | 70,52 | 22,22 | 7,26  | 6,65 | 4,33  | 15,0 | 55,9 | 29,1 |                        | K. Oebbecke  |
| 4   | IVa7       | 60,16 | 38,84 | 1,00  | 3,98 | 7,08  | 9,3  | 44,0 | 46,7 |                        | E.W. Moreley |
| 5   | IVa7       | 72,80 | 17,68 | 9,52  | 6,60 | 5,00  | 19,7 | 52,8 | 27,5 |                        | K. Oebbecke  |
| 6   | IVa8       | 73,28 | 29,08 | —2,36 | 5,46 | 7,40  | 17,4 | 42,4 | 40,2 |                        | A. J. Cox    |
| 7   | IVa8       | 72,36 | 29,50 | —1,86 | 7,38 | 3,33  | 13,3 | 68,9 | 17,8 |                        | K. Oebbecke  |
| 8   | IV7        | 74,84 | 23,98 | 1,18  | 4,30 | 10,11 | 11,6 | 33,7 | 54,7 |                        | E.W. Moreley |
| 9   | IIa6       | 64,60 | 10,66 | 24,74 | 5,66 | 4,32  | 35,4 | 36,7 | 27,9 | $t = 2,04$             | A. J. Cox    |
| 10  | IIa7       | 77,57 | 11,96 | 19,47 | 6,33 | 5,95  | 33,3 | 25,0 | 41,7 | $t = 3,13$             | A. J. Cox    |
| 11  | IIa7       | 49,45 | 19,68 | 30,87 | 3,36 | 4,62  | 25,0 | 34,0 | 41,0 | $t = 4,09$             | E.W. Moreley |
| 12  | IV7        | 79,20 | 10,74 | 10,06 | 6,84 | 6,12  | 21,0 | 48,0 | 31,0 | $t = 0,02$             |              |
| 13  | IVa7       | 68,36 | 26,94 | 4,70  | 4,13 | 8,83  | 8,1  | 40,7 | 51,2 |                        |              |

Literatur: Nr. 1, 3, 5, 7. K. Oebbecke, N. Jahrb. f. Min. B. B. I, S. 471, 476, 481, 482. 2. Washington II, S. 97, Nr. 41. 4. Washington II, S. 545, Nr. 129. 6, 9—12, 6. A. J. Cox. Phil. Journ. Science A. III, 1908, S. 404. 8. Washington II, S. 547, Nr. 130. 13. Washington II, S. 545, Nr. 128.



## Philippinen. III. Übrige Inseln. Halmahera.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8      | 9     | 10     | 11                    | 12    |
|--------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-----------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 58,14 | 54,48  | 55,97  | 53,69  | 67,25  | 51,32 | 49,53 | 46,56  | 48,57 | 48,32  | 48,83                 | 51,10 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —      | —      | —      | —      | —     | 0,78  | 0,91   | 0,86  | 0,81   | 0,55                  | 0,97  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —     | —      | Sp.   | —      | —                     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 17,93 | 19,44  | 20,35  | 18,00  | 13,12  | 15,48 | 18,31 | 16,61  | 18,82 | 17,38  | 18,62                 | 19,13 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | —     | 1,80   | —      | —      | —      | 4,48  | 6,88  | 8,88   | 7,60  | 7,20   | 6,92                  | 8,41  |
| FeO . . .                            | 5,46  | 4,90   | 6,26   | 9,11   | 0,24   | 6,70  | 3,14  | 5,31   | 2,98  | 4,21   | 0,43                  | 1,33  |
| MnO . . .                            | —     | —      | —      | —      | —      | 0,39  | 0,08  | Sp.    | Sp.   | —      | Sp.                   | —     |
| MgO . . .                            | 2,61  | 3,72   | 3,40   | 4,59   | 1,10   | 6,54  | 4,54  | 6,32   | 4,87  | 6,03   | 0,43                  | 0,79  |
| CaO . . .                            | 7,63  | 7,08   | 7,92   | 8,64   | 1,23   | 8,68  | 11,41 | 11,55  | 11,55 | 11,85  | 9,51                  | 6,07  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,08  | 3,58   | 3,52   | 3,07   | 0,59   | 3,06  | 2,65  | 1,61   | 2,58  | 1,94   | 1,90                  | 4,08  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,16  | 3,32   | 2,48   | 1,63   | 4,38   | 1,11  | 1,77  | 1,42   | 1,49  | 1,71   | 2,43                  | 4,63  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 1,76  | 1,70   | 0,38   | 1,08   | 6,11   | 1,10  | 0,73  | 1,03   | 0,19  | 0,61   | 9,26                  | 1,63  |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | 0,10  | —      | 0,33   | 0,31   | 6,15   | —     | 0,16  | 0,03   | —     | 0,20   | 0,52                  | 1,63  |
| Sonst. Best.                         | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —     | —      | —     | —      | CO <sub>2</sub> =1,12 | —     |
| Sa.                                  | 99,87 | 100,02 | 100,61 | 100,12 | 100,17 | 98,86 | 99,98 | 100,27 | 99,59 | 100,26 | 100,52                | 99,78 |
| Spez. Gew.                           | —     | —      | —      | —      | —      | —     | 2,4   | 2,7    | 2,82  | 2,92   | 2,43                  | 2,2   |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 64,14 | 60,95 | 61,02 | 58,35 | 82,51 | 56,53 | 55,73 | 52,29 | 54,73 | 53,65 | 63,12 | 62,36 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,66  | 0,77  | 0,72  | 0,67  | 0,53  | 0,89  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 11,64 | 12,80 | 13,05 | 11,51 | 9,47  | 10,03 | 12,12 | 10,97 | 12,48 | 11,35 | 14,15 | 13,73 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | —     | 0,75  | —     | —     | —     | 1,85  | 2,90  | 3,71  | 3,21  | 3,00  | 3,35  | 3,85  |
| FeO . . .                            | 5,02  | 4,54  | 5,68  | 8,25  | 0,24  | 6,15  | 2,94  | 4,96  | 2,80  | 3,90  | 0,47  | 1,35  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | 0,36  | 0,07  | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 4,31  | 6,24  | 5,56  | 7,48  | 2,03  | 10,86 | 7,66  | 10,64 | 8,23  | 10,04 | 0,88  | 1,44  |
| CaO . . .                            | 9,01  | 8,48  | 9,25  | 10,06 | 1,62  | 10,24 | 13,76 | 13,89 | 13,94 | 14,10 | 13,17 | 7,94  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,36  | 3,87  | 3,71  | 3,23  | 0,70  | 3,26  | 2,89  | 1,75  | 2,82  | 2,08  | 2,37  | 4,82  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,52  | 2,37  | 1,73  | 1,12  | 3,43  | 0,78  | 1,27  | 1,02  | 1,07  | 1,21  | 2,01  | 3,62  |



| Nr. | Gestein          | Ort                                   | Lagerung       | Mineralzus.                                  |
|-----|------------------|---------------------------------------|----------------|--|
| 1   | Augitandesit     | Aroyroy, Masbate                      | } Miozän?      |  |
| 2   | Amphibolandes.   | Limansaura, Südosten von Leyte        |                |  |
| 3   | Augitandesit     | Canlaon, Negros                       | } subrezent    |  |
| 4   | Augitandesit     | Canlaon, Negros                       |                |  |
| 5   | Liparit          | Muaio River, Cebu                     | Miozän         |  |
| 6   | Augitandesit     | Isabela, Zamboanga, Geg. Basilan-Sulu | subrezent?     |  |
| 7   | (Basalt) Andesit | Ostküste von Halmahera, Tobelo        | } subrezent?   | Oliv. Aug. Ab <sub>34</sub> An <sub>66</sub> |
| 8   | (Basalt) Andesit | Ostküste von Halmahera, Tobelo        |                | Oliv. Aug. Byt.                              |
| 9   | Diabas           | Tobelo, Ostküste von Halmahera        | } kretazäisch? | Oliv. Plag. Aug.                             |
| 10  | Diabas           | Tobelo, Ostküste von Halmahera        |                | "  |
| 11  | Andesit          | Insel Morotai, Westküste              | } Alter?       | Braune Ho. Py.                               |
| 12  | Banakit          | Nordküste von Halmahera               |                | Aug. Plag.                                   |

| Nr. | Mag-ma | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   |        | Analytiker   |
|-----|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|--------|--------------|
| 1   | IVa7   | 70,08 | 25,16 | 4,76  | 5,88 | 5,76 | 17,0 | 50,0 | 33,0 |        | A. J. Cox    |
| 2   | IVa5   | 76,16 | 25,40 | —1,56 | 6,24 | 6,56 | 25,0 | 40,6 | 34,4 |        | K. Oebbecke  |
| 3   | IVa7   | 73,96 | 25,76 | 0,28  | 5,44 | 7,61 | 18,5 | 40,2 | 41,3 |        | A. J. Cox    |
| 4   | IVa5   | 63,44 | 37,26 | —0,70 | 4,35 | 7,16 | 13,8 | 41,2 | 45,0 |        | "            |
| 5   | I8     | 43,24 | 4,54  | 52,22 | 4,13 | 1,62 | 69,3 | 14,3 | 16,4 | t=3,72 | H. S. Walker |
| 6   | IVa7   | 56,28 | 43,12 | 0,60  | 4,04 | 5,99 | 11,2 | 46,5 | 42,3 |        | K. Oebbecke  |
| 7   | IVa7   | 65,12 | 32,94 | 1,94  | 4,16 | 7,96 | 15,8 | 35,5 | 48,7 |        | Georgiadès   |
| 8   | IVa7   | 54,96 | 42,58 | 2,46  | 2,77 | 8,20 | 14,5 | 26,1 | 59,4 |        | "            |
| 9   | IV7    | 65,48 | 33,17 | 1,35  | 3,89 | 8,59 | 13,4 | 34,2 | 52,4 |        | "            |
| 10  | IV7    | 58,56 | 39,96 | 1,48  | 3,29 | 8,06 | 16,4 | 28,8 | 54,8 |        | "            |
| 11  | IV7    | 74,12 | 12,28 | 13,60 | 4,38 | 9,77 | 21,5 | 25,8 | 52,7 |        | "            |
| 12  | IIa4   | 88,68 | 13,38 | —2,06 | 8,44 | 5,29 | 32,7 | 43,6 | 23,7 |        | "            |

Literatur: 1, 3, 4. A. J. Cox, Philipp. Journ. Science A. III, 1908, S. 404.  
 2, 6. K. Oebbecke, N. Jahrb. f. Min. B. B. I, S. 461, 491. 5. H. G. Ferguson,  
 Philipp. Journ. Science, A. II, 1907, S. 408. 7—15. A. N. Georgiadès-Bel. Inaug.  
 Diss., Zürich 1918.

## VII. Der Sangibogen.

Der längste Bogen, der gleichzeitig den Vulkanismus am intensivsten auch heute noch äussert, ist der Sangibogen. Er beginnt mit Camiguin de Mindanao, läuft durch Zentral-Mindanao zum Butulan auf dem Süd-



ende und weiter zum Sangi auf Balut. Als Inselguirlande stellt der Bogen dann die Verbindung zwischen den Philippinen und Celebes über den Gross-Sangiarchipel her und mündet in die Minahassa, das Nordende von Celebes, das zum Schauplatz gewaltigster vulkanischer Kräfteäusserung wurde. In Mindanao sitzt der Bogen nicht etwa einer ausgeprägten Zentralkordillere auf. Eine solche, die auf vielen älteren Karten dargestellt wird, existiert nach Warren Smith nicht. Er ist vielmehr ein fremdes jüngerer Element, das, wie oben hervorgehoben wurde, erst nach der Lagenversetzung von Mindanao entstand. Die Ausbruchspunkte des Bogens sind folgende:

Camiguin de Mindanao ist eine im Norden vorgelagerte Vulkaninsel mit zwei Spitzen, Catamarn 1828 m im Westen und Mambajao im Osten. Der Catamarn erlebte am 30. April 1871 eine plinianische Explosion, nachdem er bereits als erloschen angesprochen wurde. Die Aschen bedeckten ein Areal von 177 km Radius. Nachdem der Berg sich 6—7 Tage ausgetobt hatte, erschien halbflüssige Lava und bildete eine langsam bis auf 572 m Höhe wachsende Staukuppe auf der Flanke des alten Vulkans. 1897 und 27. Juli 1902 nahm die solfatarische Tätigkeit wieder zu.

Mt. Apo (Davao) 2928 m (Warren Smith) ist solfatarisch tätig.

Magolo soll ein Vulkan sein, Matutum (Matutan) ein isolierter Vulkankegel, Malibato, ferner Butulan auf der Südspitze.

Von da ab beginnt der vulkanische Inselkranz.

Sangi auf der Insel Balut 1541 m (Becker). Spuren neuer Tätigkeit fand Becker an dem Berge nicht.

Gross-Sangi besitzt zwei Vulkane: den Awoe im Norden und den Sahendaroeman im Süden. Goenoeng Awoe 1500 m ist häufig tätig gewesen: 3./4. Jan. 1641; 1641—1650?; 10./11. Dez. 1711; 6.—8. Aug. 1812; 2. März 1856 mit Lava; Aug. 1883; 7. Juni 1892. Aschenausbrüche und Schlammströme sind für diesen Berg charakteristisch, nur selten erreicht die Intensität die strombolianische. Die Lava ist nach Bücking ein olivinführender Augitandesit.

Am 17. April 1904 9 Uhr nachmittags fand ein submariner Ausbruch an der Westküste der Insel Mahengetany statt.

Die nächste Feueresse, der Goenoeng Api, steht auf Siauw. Sie ist ein scharf ausgezackter Kegel von 1800 m Höhe, der höchste Berg des Inselbogens. Der Berg ist für gewöhnlich nur solfatarisch tätig, besonders 14. Juni 1892; 21.—22. Mai 1905 ein Aschenausbruch. Sapper nennt noch Jan. 1712, 1825, 25. April bis 19. Juni 1886. Kotó erwähnt eine submarine Solfatara bei Banua Wuhu. Dieser Vulkan, der vierte tätige, hatte am 23. April 1835 einen dreitägigen Ausbruch mit Lavaausfluss (Carlos Cuarteron). Der Berg wuchs bis 90 m Höhe. 1848 waren



nur wenige Klippen übrig geblieben. 9. Okt. 1889 und 1895 erhöhte Solfatarentätigkeit. (Wichmann, Sapper.)

Als letzter der Inselvulkane ist der Roeang (Roewang) bei Tagoe-landang zu nennen, mit Ausbrüchen aus den Jahren 1808; Sept. 1856; 27. Aug. 1870; Febr. bis März, Mai, Juni, Nov. 1871; 1889; 1905. Im Roeangkrater findet sich eine dem Mt. Pelé ähnliche Felsnadel. Die Laven sind Augitandesit.

Der Bogen tritt nun in die Minahassa ein, deren Untergrund wohl vorherrschend aus Diabasen besteht. Die Minahassa besitzt zwei Einschnürungen. Die Bucht von Menado und die von Kema auf der gegenüberliegenden Küste schnüren den nördlichsten Teil die Klabathalbinsel ab. Eine zweite Abkerbung bewirkt die Bucht von Amoerang im Westen und die von Belang im Osten. Das zwischen beiden Einschnürungen liegende Stück ist die Tondanomasse, der gemeinsame, etwa 70 m hohe Sockel einer grossen Zahl von Feueressen, die den Tondanosee, offenbar ein Staubecken, umgeben. Es hat fast den Anschein, als wenn die vulkanischen Ausbruchspunkte hier keinen Gesetzen folgten und Vulkanspalten hier nur konstruktive Gebilde wären. Weiter im Süden folgt das Manenborgebirge und der Lolomulan und dann das Saratoesgebirge. Die Vulkane stehen in bezug auf das Bogensegment radial.

### 1. Die Klabathalbinsel.

Der erste Berg, ein Somnavulkan, ist der Goenoeng Tokóko 975 m (Dumont d'Urville). Der zentrale Kegel überragt den Sommarand nicht. Als radialständige Nebenkrater sind aufzufassen der Batuangas (batu-angas = verbrannter Stein) 699 m (Forsten), er bildete sich 1801, ferner der Batuangas baru 488 m (Guillemard), 1821 entstanden. Ein Lavastrom floss ins Meer.

Den Ausbruch 1680 in der Minahassa lokalisierten die Vettern Sarasin im Tokóko, während ihn Wichmann auf den Duwa Sudára bezieht. Ausser den bereits erwähnten Ausbrüchen von 1801 und 1821 zählt Sapper noch einen Ausbruch mit Lavastrom von 1883 auf.

Der Doea Sudára (Mt. Kema, die Brüder) 1373 m und 360 m (De Lang) ist ein eigentümlicher Doppelvulkan, offenbar älter, da die radiale Berippung ausgeprägt ist, die Zerstörung also bereits in ein weiteres Stadium gerückt ist. Die Vettern Sarassins fassen ihn als zerstörten Somnavulkan auf. Ein Krater ist nicht mehr deutlich zu erkennen. Möglicherweise hat eine Explosion nach dem Bandaityp 1680? den Berg zum grössten Teil zerstört. Der grösste Kegel ist der sehr regelmässig gebaute Klabat 2019 m (De Lang). Bis 1400 m finden sich auf seiner Mantelfläche zahlreiche Parasiten. Der Berg erhebt sich aus einer kesselartigen Vertiefung, die früher vom Meere bedeckt gewesen ist.



Die Klabatgesteine sind Augitandesite. v. Komorowicz berichtet, dass der Klabat im Anfang des Jahrhunderts noch schwache Fumarolentätigkeit gezeigt habe; sein ovaler Krater ist mit Urwald bedeckt.

Zum Klabat radialständig ist der Menadotoewa 835 m, auf einer Insel der Menadobai.

## 2. Das Tondanomassiv.

Östlich vom Tondanosee steigt die Lamboewankette 1000 bis 1100 m empor, ein massiver Andesitrücken mit Kuppen ohne Krater. Hier liegt offenbar eine dem Pansanche Typus entsprechende Lineareruption vor (I, S. 426), die natürlich auch Bomben und Lockerprodukte geliefert haben kann. Die jüngeren Vulkane sind wieder radialständig.

Der Rumengan ist eigentlich ein dreifacher Vulkan. Am bekanntesten ist der nördlichste Ausbruchspunkt, der Explosionskrater Maháwoe 1340 m (Sarasin). Der Berg hat nach Reinwardt 1789 oder 1790 einen schweren Ausbruch gehabt. 1894 war er solfatarisch tätig, zuletzt 1904. Der Empung 1340 m (Sarasin) (Tompelúan) ist ein Sommaberg mit zentralem Kegel. Sein trichterförmiger, scharfkantiger Krater soll sich im 18. Jahrhundert gebildet haben. Erlöschen sind Kinagógarán und Empunglaas, letzterer augitandesitisch.

Ein bedeutenderer Vulkan ist der Lokon 1594 m (De Lange), ein abgestumpfter regelmässiger Kegel ohne erkennbaren Krater. In 1150 m etwa finden sich sowohl im Osten wie im Westen zwei kleine Boccen, die zeitweilig in Aktion treten. Vor allem die östliche Bocca März 1829; März bis Sept. 1893; Mai 1894; 1898. Die Bomben von 1893 sind glasig erstarrte Fetzen des Magmas oder bereits festes Gestein, dessen Oberfläche durch heisse Gase mit einer Schmelzrinde nach Art der Meteoriten überzogen ist. Der Ausbruch ist aber noch durch geförderte Wasser- und Schlammassen bemerkenswert. Er zählt zu den Wasserausbrüchen (Sapper). Auch die Westbocca ist solfatarisch tätig. Zum Lokonmassiv gehören noch Tetawiran und Kasche.

Der Masarang 1275 m (Sarasin) ist wie der Rumengan ein Drillingsvulkan. Seine Laven sind Augitandesite.

Der Tampussu 1217 m (De Lange) ist durch seine liparitischen Obsidianströme bemerkenswert (Celebes I, 2). Weiter sind zu nennen Lino Lahéndong 780 m (Sarassin) mit einem 700 m grossen Maar und einer Solfatara am Südwestrand, Bantik? Lengköán 1080 m (Koorders), Sinapi und Tempang.

Im Süden des Tondanosee erhebt sich das kompliziert gebaute Soepoetanmassiv. Ich werde der eingehenden Beschreibung von Komo-



rowicz folgen. Ein von Nordwest nach Südost verlaufender Höhenrücken Ketengan teilt das Gebirge in einen älteren nordöstlichen und jüngeren südwestlichen Teil, den eigentlichen Soepoetan.

### I. Nordosthälfte.

Der eben erwähnte Ketenganrücken im Südwesten, ein gleicher Rücken Kelélóndei (Rindegan) im Nordwesten und der Vulkan Sempoe im Südosten umschliessen ein Hochtal, „die Intercollinare Mulde“, eine mit vulkanischen Sanden und Lapilli bedeckte, von V-förmigen Barrancos durchschnitene Hochebene.

Der Sempoe 1610 m ist ein langgestrekter, bewaldeter Tafelberg mit drei gegen Nordosten gereihten Kratern.

Der Ketenganrücken erhebt sich etwa 15—50 m über den Muldenboden. An seiner nordwestlichen Seite finden sich zahlreiche Solfataren. Er mündet in den Maniporok 1775 m, den Rinne 1900 bestiegen hat. Er besitzt eine hufeisenförmige Kaldera mit tiefen Radiärrunsen. Der Kelélóndei oder Rindegan ist ein 1526 m hoher Plateauberg. An seinem südlichen Steilrand liegt der Explosionskrater, der Massem, — kein Maar vgl. die Definition I, S. 470 — fast senkrechte 130 m hohe stark zerfressene Andesitwände fallen zum Kraterboden herab, der einen schwefelhaltigen Schlammsee besitzt und solfatarisch tätig ist. Ein Barranco führt die Gewässer der Mulde in diesen Krater. Gegenüber seiner Einmündungsstelle, 30 m über dem Kraterboden, öffnet sich eine Spalte, sie verläuft gekrümmt gegen Ostnordost und verliert sich in der verflachenden Bodensenke. Niedere sanfte kraterlose Aschenhügel bis 1440 m begleiten die Nordwestflanke, zahlreiche Spuren alter Solfataren sind zu sehen. Die Spalte ist etwa 10 m tief.

Wir sehen hier ein Gebiet vor uns, wo Lineareruptionen zusammen mit Zentraleruptionen gewirkt haben. Die herrschenden Gesteine sind Andesite.

### II. Südwesthälfte. Der Soepoetan.

Der Ketenganrücken fällt 100 m nach Südwest, Solfataren und Fumarolen begleiten den Absturz, besonders dort, wo er das Rindeganplateau trifft; der Pentoibach entwässert dieselben.

Der Soepoetan ist ein Doppelvulkan. Der ältere 1827 m hat eine regelmässige Gestalt mit 30—35 Grad Böschung. Auf halber Höhe erkannte Rinne die Reste einer Sommaumwallung. Die Olivinaugitandesite sind nach Rinne im Soepoetangebiet weit verbreitet. Der Feldspat nähert sich dem Anorthit. Es sind daher die Gesteine fraglos Alboranite. Der ältere Soepoetan machte Ausbrüche 1785 und im ersten Drittel des folgenden



Jahrhunderts fast jährlich, das letztmal 1838 (1832 oder 1833), er verblieb von da ab im Solfatarenzustand. Die neue Tätigkeitsperiode beginnt um das Jahr 1898 mit der Bildung einer 100 m langen rauchenden Spalte. 2. Febr. 1901 bildete sich die grosse Fumarole am Südwesthang des Rindegan. 17. Juni 1906 entstanden zwei Aschenkegel von 40 und 150 m relativer Höhe. Im September des Jahres traten Schlammströme und Lava in Erscheinung. 1906 besteht nur noch ein Kegel. Die Lavamasse hatte eine Länge von 1000 m und 150 m Breite. 5. und 7. Juni 1907 wieder ein Ausbruch, Juni 1908 Lavanachschub. 2. Juli 1913 war der Vulkan in strombolianischer Tätigkeit. Über die Natur der rezenten Lavafelder gehen die Meinungen auseinander. Kopperberg hält die Lavamasse nicht für geflossen, sondern wie die Grundlage des heutigen Kegels für eine Staumasse. Ahlburg spricht von Blocklavaströmen. v. Komorowicz deutet sie als Lavablockströme eines echten Massenergusses vom isländischen Typus, die in äusserst zähflüssigem Zustand geflossen sind. Wichmann stellt das Vorkommen rezenter Lavaströme überhaupt in Abrede und lässt nur Schlammströme im Soepoetangebiet gelten.

### 3. Manemban und 4. Saratoesgebirge.

Über den südlichsten Abschnitt ist verhältnismässig wenig bekannt. Das Plateau des Danausee mit dem Poigarfluss liegt in 1000 m Höhe und trennt das nördliche Manembangebirge von dem südlichen Saratoesgebirge. Wiederum radialständig sind das Manembangebirge und der Lolomboelan 1300—1350 m (Koorders). Der Vulkan ist erloschen und stark zerstört, der 400—450 m tiefe Krater misst 2 km : 1,5 km in den Durchmesser. Das Saratoesgebirge kulminiert im Goenoeng Ambang 2070 m, dem höchsten Berg der Minahassa. An seinem Südabhang werden bei Kotobangan zwei kleine Solfataren erwähnt.

## VIII. Die Vulkangebiete Celebes.

Die Vulkane der grossen Insel sind erloschen, abgesehen von der Insel Oena Oena in der Tominibucht. Es können daher nur die wichtigsten Gebiete eine skizzenhafte Schilderung erfahren.

### 1. Die Tominibucht.

Die Tominibucht ist nicht ganz unrecht mit dem Thyrrenischen Meer verglichen worden. Die Togianinseln bestehen der Hauptsache nach aus Korallenkalken, doch hat A. B. Meyer daselbst Augitandesit mit Sanidin und Hornblende gesammelt, auch sollen zwei Ausbruchspunkte festzustellen sein.



Die kleine Insel Oena Oena (Binang Oena) dagegen hat in jüngster Zeit einen starken Ausbruch erlebt, über den Wichmann folgendes berichtet: 1.—2. Mai 1898 fand der erste Hauptausbruch statt, dem weitere Explosionen am 13./14., 14./15., 19./20. Juni, 1., 5., 7. Aug. folgten. Die Asche wurde bis Ostborneo verweht, wohl z. T. durch den Südostmonsum bis auf 800 km.

Die Asche (vgl. Analyse Celebes I, 1) ist ein Trachyt. Es fehlen ihr Scherben und Splitter reinen frischen Glases, die Biotite zeigen Verwitterungsspuren. Das Material ist also altes Material gewesen. Es ist auch keine Lava gefördert worden, nur Schlammströme sind bis 1899 zeitweilig abgekommen. Oena Oena hängt mit der Minahassa und dem Sangibogen in keiner Weise zusammen.

Die Längsachse von Togian trifft die Peripherie des Senkungsfeldes in der Bucht von Gotontalo, die von Vulkanruinen eingerahmt wird. Der Goenoeng Pohe ist die grösste. Sie sind im Pleistozän erloschen. Hornblende- und Augitandesite sind die herrschenden Gesteine.

Die Linie Togian Oena Oena trifft die Peripherie im Vulkangebiet des Bolanosees. Augitandesittuffe sind verbreitet. Celebes ist bereits ein Stück der alten Masse „Äquinoctia“, in der die Grabenbrüche das herrschende tektonische Element sind. Regional herrschen in diesem Gebiet nicht mehr die andesitischen (pazifischen Magmen) ausschliesslich vor. Andere Magmen, Tephrite und Phonolithe, treten stärker hervor.

Längs der Makassarstrasse sind leuzittephritische Palagonittuffe, der „Koeristein“, bis zur Palubai verbreitet.

Das bekannteste Vulkangebiet der Westkette ist der Pic von Maros, ein Phonolithkegel, der mit dem Phonolithkegel des „Teplitzer Schlossberges“ vergleichbar ist.

Die Marosmasse ist ein phonolithisch-trachytischer Herd, der bis auf seinen foyaitisch-theralithischen Kern entblösst ist, der also als Lakkolith in den tertiären Andesiten und Basalten steckt. Die Marosgesteine haben die Kalke durchbrochen, sind also postmiozän, anderseits nicht jünger als Pleistozän.

Ähnliche Phonolithkegel sind aus dem Pareparegebirge auf der Westseite des Siderengsees (Bulu Baula), Lowa usw. bekannt geworden, während Leuzitgesteine im Matinanggebirge und Olëidugebirge festgestellt werden konnten. Der Tempegraben besitzt im Süden eine Anzahl grösserer erloschener Vulkane, die nach ihrem Erhaltungszustand noch nicht sehr alt sein dürften. Sie mögen als Bantaëngzone zusammengefasst werden: Baloe lowe 1380 m mit Pankalaeng 1170 m ist ein Somnavulkan, gegen Norden offen.



## Celebes I.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1                      | 2      | 3     | 4                    | 5                                  | 6      | 7     | 8      | 9      | 10                   | 11     | 12     | 13    |
|--------------------------------------|------------------------|--------|-------|----------------------|------------------------------------|--------|-------|--------|--------|----------------------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 61,65                  | 74,87  | 61,45 | 58,79                | 58,61                              | 57,15  | 52,52 | 61,15  | 58,00  | 46,05                | 47,65  | 47,13  | 53,63 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,67                   | 0,27   | 0,40  | 0,54                 | 0,17                               | 0,38   | 0,70  | 0,20   | 0,19   | 0,93                 | 0,75   | —      | 0,96  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —                      | —      | —     | 0,11                 | 0,04                               | 0,38   | 0,51  | —      | —      | 0,59                 | 1,23   | —      | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 15,98                  | 12,88  | 19,64 | 19,55                | 21,62                              | 19,13  | 20,05 | 22,07  | 22,52  | 14,88                | 19,32  | 14,37  | 19,59 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 4,49                   | 1,84   | 2,19  | 1,82                 | 1,16                               | 3,24   | 2,52  | 1,05   | 1,37   | 4,22                 | 3,93   | 13,56  | 5,70  |
| FeO . . .                            | —                      | 1,53   | 0,22  | 1,43                 | 0,79                               | 2,04   | 2,40  | 1,02   | 1,01   | 5,78                 | 4,92   | —      | —     |
| MnO . . .                            | —                      | —      | —     | 0,40                 | 0,40                               | —      | —     | —      | —      | 0,21                 | —      | —      | —     |
| MgO . . .                            | 2,63                   | 0,15   | 1,00  | 0,74                 | 0,16                               | 2,35   | 2,10  | 0,40   | 0,85   | 5,98                 | 3,90   | 4,16   | 3,35  |
| CaO . . .                            | 4,41                   | 1,44   | 0,60  | 2,37                 | 1,71                               | 2,90   | 3,15  | 0,75   | 0,90   | 13,47                | 6,15   | 9,00   | 3,53  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 5,69                   | 3,29   | 4,10  | 4,21                 | 6,60                               | 4,15   | 3,44  | 5,86   | 6,93   | 1,41                 | 3,58   | 0,81   | 3,64  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,75                   | 4,16   | 7,58  | 8,69                 | 6,82                               | 7,05   | 7,49  | 7,01   | 7,72   | 2,56                 | 4,61   | 8,00   | 1,62  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,97                   | 0,29   | 2,37  | 1,05                 | 1,42                               | 1,57   | 1,42  | 0,71   | 1,71   | 3,01                 | 5,15   | 2,94   | 7,91  |
| H <sub>2</sub> O— . . .              | —                      | —      | —     | 0,06                 | 0,19                               | —      | —     | —      | —      | 0,52                 | —      | —      | —     |
| Sonst. Rest.                         | SO <sub>3</sub> = 0,08 | —      | —     | Cl = 0,12 BaO = 0,08 | ZrO <sub>2</sub> = 0,01 BaO = 0,01 | —      | —     | —      | —      | Cl = 0,09 BaO = 0,06 | —      | —      | —     |
|                                      | Cl = 0,14              | —      | —     | F = 0,03 SrO = 0,02  | Cl = 0,07 SrO = 0,02               | —      | —     | —      | —      | F = 0,03 SrO = 0,07  | —      | —      | —     |
|                                      | —                      | —      | —     | S = 0,02             | S = 0,01                           | —      | —     | —      | —      | S = 0,04             | —      | —      | —     |
| Sa. . . .                            | 99,46                  | 100,22 | 99,55 | 100,13               | 99,81                              | 100,19 | 99,30 | 100,22 | 101,20 | 99,90                | 101,19 | 100,07 | 99,93 |
| Spez.-Gew.                           | —                      | —      | —     | —                    | —                                  | —      | —     | —      | —      | —                    | —      | —      | —     |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 69,13 | 81,35 | 72,08 | 68,10 | 68,37 | 65,77 | 63,56 | 70,23 | 66,96 | 51,86 | 56,38 | 53,16 | 63,86 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,57  | 0,22  | 0,35  | 0,47  | 0,15  | 0,32  | 0,63  | 0,17  | 0,17  | 0,78  | 0,66  | —     | 0,86  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | 0,05  | 0,02  | 0,18  | 0,26  | —     | —     | 0,28  | 0,61  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 10,54 | 8,23  | 13,55 | 13,33 | 14,84 | 12,95 | 14,28 | 14,91 | 15,29 | 9,86  | 13,45 | 9,54  | 13,72 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | —     | 0,55  | 0,96  | 0,79  | 0,50  | 1,40  | 1,14  | 0,45  | 0,60  | 1,78  | 1,75  | —     | —     |
| FeO . . .                            | 1,89  | 1,38  | 0,22  | 1,38  | 0,77  | 1,95  | 2,42  | 0,98  | 0,97  | 5,43  | 4,85  | 12,74 | 5,66  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | 0,39  | 0,39  | —     | —     | —     | —     | 0,20  | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 4,42  | 0,24  | 1,76  | 1,29  | 0,28  | 4,05  | 3,81  | 0,69  | 1,47  | 10,10 | 6,92  | 7,04  | 5,98  |
| CaO . . .                            | 5,30  | 1,68  | 0,75  | 3,06  | 2,15  | 3,58  | 4,08  | 0,92  | 1,11  | 16,33 | 7,80  | 10,88 | 4,50  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 6,18  | 3,46  | 4,65  | 4,72  | 7,45  | 4,62  | 4,03  | 6,51  | 7,74  | 1,54  | 4,10  | 0,88  | 4,20  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,97  | 2,89  | 5,68  | 6,42  | 5,08  | 5,18  | 5,79  | 5,14  | 5,69  | 1,84  | 3,48  | 5,76  | 1,22  |



| Nr. | Gesteine                   | Ort   | Lagerung                              | Mineralzus.                                 |
|-----|----------------------------|---|---------------------------------------|---|
| 1   | Glimmerandesit             | Vulkan Oena-Oena, Tomini-bucht                    | Asche 1898                            | Plag., San., Biot., Ho. Aug., Erz.          |
| 2   | Obsidian                   | Zw. Tomohon und Tondano, 4 km von Tondano         | Strom                                 | Olig., Aug., Hy., Mt., Glas, Sphärolithe.   |
| 3   | Trachyt (Ponzatypus)       | Barabatuwa bei Maros                              | Alter<br>Pliozän<br>bis<br>Pleistozän | San., Bio., Diposid.                        |
| 4   | Trachyt (Trachyphonolith)  | Gentungen, Pic de Maros                           |                                       | San., Plag., Ne., So., Ho., Aug., Mt.       |
| 5   | Trachyt (Sodalith-trachyt) | Pic de Maros                                      |                                       |   |
| 6   | Trachydolerit              | 3 km nördlich von Pic von Maros                   |                                       | San., Olig., Aug., Bio., Glas.              |
| 7   | Gaiteit                    | Maros   |                                       |   |
| 8   | Bostonit                   | Maros   |                                       | Or., Biotit, Erz.                           |
| 9   | Phonolith                  | Pic von Maros, Spitze                             |                                       | San., Ne., Nosean, Äg., Tit.                |
| 10  | Absharokit                 | Pic von Maros                                     |                                       |   |
| 11  | Banakit                    | Kau, 8 km nördlich von Pic von Maros              |                                       | Aug., Hauyn., Oliv., Bio., Plag., Or., Leu. |
| 12  | Leuzitbasalt               | Bangkeng Sekiang bei Kantising, Pangkadjeneffluss | Gerölle prämiözän                     | Bi., Leu., Aug. c: c = 40°.                 |
| 13  | Andesittuff                | Insel Saleyer bei Celebes                         |                                       | Oliv., Ap., Mt.                             |

| Nr. | Mag-ma | L      | M     | Q       | A     | C      | Or   | Ab   | An   | Na                    | Analytiker    |
|-----|--------|--------|-------|---------|-------|--------|------|------|------|-----------------------|---------------|
| 1   | III 6  | 74,76  | 16,55 | 8,69    | 8,15  | 2,39   | 21,7 | 65,3 | 13,0 |                       | A. Wichmann   |
| 2   | II a 8 | 57,72  | 3,24  | 39,04   | 6,35  | 1,88   | 40,3 | 48,6 | 11,1 | t = 0,20              | Verbeek       |
| 3   | I a 6  | 88,11  | 4,70  | 7,19    | 10,33 | 3,22   | 52,8 | 43,5 | 3,7  | t = 2,47              | Hinden        |
| 4   | I a 4  | 97,88  | 7,86  | — 5,74  | 11,14 | 2,19   | 52,4 | 38,6 | 9,0  | t = 0,16<br>Na = 11,5 | E. W. Moreley |
| 5   | I a 4  | 109,00 | 2,88  | — 11,88 | 12,53 | 2,31   | 41,8 | 37,7 | 9,0  |                       | E. W. Moreley |
| 6   | I a 4  | 91,00  | 12,86 | — 3,86  | 9,80  | 3,15   | 5,18 | 46,2 |      |                       | Hinden        |
| 7   | I a 4  | 100,40 | 11,70 | — 12,10 | 10,82 | 3,46   | 5,79 | 4,03 |      |                       | Hinden        |
| 8   | II a 4 | 99,22  | 3,34  | — 2,56  | 11,65 | 3,26   | 42,1 | 53,7 | 4,2  |                       | Hinden        |
| 9   | II a 4 | 110,46 | 6,74  | — 17,20 | 13,12 | — 1,11 | 5,69 | 7,74 |      | e = 0,31              | Hinden        |
| 10  | I a 5  | 52,96  | 50,16 | — 3,02  | 3,38  | 6,48   | 1,84 | 1,54 |      |                       | E. W. Moreley |
| 11  | II a 3 | 84,12  | 27,48 | — 11,52 | 7,58  | 5,87   | 3,48 | 4,10 |      |                       | Hinden        |
| 12  | I b 2  | 64,72  | 55,52 | — 20,24 | 6,64  | 2,90   | 5,76 | 0,88 |      |                       | W. Bruhns     |
| 13  | IV a 7 | 65,16  | 23,28 | — 11,56 | 5,42  | 8,30   | 15,6 | 54,5 | 29,9 | t = 3,80              | W. Bruhns     |

Literatur: 1. A. Wichmann, Z. D. geol. Ges. 1902, 54, S. 154.

2. R. D. M. Verbeek, Rapport sur les Moluques. Jaarb. Mynwezen. Ned. Ost. Indie., 1908, Tom. 37, S. 93.

3. C. Schmidt in Sarasin Insel Celebes, 1901, IV, S. 16. Washington II, S. 273, Nr. 36.

4.—5. Washington II, S. 291, Nr. 41, 42.

6.—7. Washington II, S. 293, 43, 44. C. Schmidt, S. 14, 20,

8. Washington II, S. 275, Nr. 37; C. Schmidt S. 19.

9. Washington II, S. 12, Nr. 307; C. Schmidt, S. 18.

10. Washington II, S. 637, Nr. 7, Journ. of Geol. 1915, 23, S. 240.

11. Washington II, Nr. 191, S. 1101; C. Schmidt, S. 13.

12. H. Bücking, Ber. Naturf. Ges. Freiburg 1900, XI, S. 83. 13. A. Wichmann, Tids. Ned. Ind. 1895, 54, S. 261.



## Celebes II. Die körnigen Gesteine des Pic von Maros und Borneo.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1   | 2      | 3   | 4     | 5      | 6   | 7   | 8                     | 9      | 10    | 11     | 12     |
|--------------------------------------|---|--------|---|-------|--------|---|---|-----------------------|--------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 56,31   | 50,15  | 43,98   | 48,05 | 52,80  | 45,26   | 46,08   | 67,37                 | 66,16  | 65,72 | 62,70  | 46,04  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,41  | 1,00   | 2,24  | 1,10  | 1,00   | 1,66  | 1,39  | 0,69                  | 0,50   | 0,69  | 0,64   | 2,20   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,13  | 0,86   | 1,81  | 1,15  | 0,70   | 0,90  | 1,19  | —                     | —      | —     | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 21,69   | 15,86  | 12,38   | 13,94 | 19,94  | 15,70   | 20,40   | 12,53                 | 15,39  | 15,06 | 16,37  | 12,40  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,20  | 2,44   | 3,40  | 2,67  | 3,63   | 2,44  | 2,12  | 6,37                  | 1,25   | 1,35  | 2,81   | 3,54   |
| FeO . . .                            | 0,97  | 5,39   | 7,70  | 5,98  | 3,40   | 6,16  | 3,27  | 0,49                  | 1,72   | 1,80  | 1,62   | 5,58   |
| MnO . . .                            | 0,16  | —      | 0,51  | —     | —      | 0,34  | 0,19  | Sp.                   | —      | —     | —      | —      |
| MgO . . .                            | 0,54  | 5,30   | 8,00  | 7,81  | 3,20   | 8,28  | 6,30  | 0,97                  | 0,90   | 1,57  | 2,50   | 12,60  |
| CaO . . .                            | 1,88  | 8,40   | 11,19   | 7,25  | 4,22   | 11,95   | 8,48  | Sp.                   | 3,47   | 4,18  | 4,84   | 8,38   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 5,56  | 4,13   | 1,33  | 2,72  | 3,10   | 1,73  | 2,07  | 0,03                  | 3,94   | 4,24  | 4,05   | 1,62   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 9,17  | 5,00   | 5,06  | 6,56  | 7,74   | 3,42  | 6,72  | 10,01                 | 2,00   | 1,07  | 1,83   | 4,87   |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 1,13  | —      | 1,61  | 1,66  | 1,18   | 1,12  | 1,70  | 1,36                  | 4,94   | 3,77  | 1,79   | 3,55   |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —   | —      | 0,12  | —     | —      | 0,29  | 0,06  | 0,56                  | —      | —     | 0,87   | —      |
| Sonst. Best.                         | Cl = 0,28<br>F = 0,03<br>S = 0,17<br>BaO = 0,05<br>SrO = 0,04 | —      | Cl = 0,12<br>F = 0,15<br>S = 0,10<br>BaO = 0,16<br>SrO = 0,12 | —     | —      | ZrO <sub>2</sub> = 0,01 Cl = 0,25<br>F = 0,08 S = 0,05<br>BaO = 0,10 SrO = 0,06 | Cl = 0,10 F = 0,09<br>S = 0,06 BaO = 0,11<br>SrO = 0,07 | CO <sub>2</sub> = Sp. | —      | —     | —      | —      |
| Sa. . . .                            | 99,72   | 100,03 | 99,77   | 98,89 | 100,96 | 99,80   | 100,40  | 100,38                | 100,27 | 99,93 | 100,02 | 100,78 |
| Spez. Gew.                           | —   | —      | —   | —     | —      | —   | —   | 2,623                 | —      | —     | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 66,30 | 55,64 | 48,63 | 53,48 | 60,65 | 49,41 | 52,23 | 78,41 | 75,49 | 74,08 | 70,27 | 49,23 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,36  | 0,83  | 1,86  | 0,91  | 0,86  | 1,36  | 1,18  | 0,60  | 0,43  | 0,58  | 0,54  | 1,77  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,06  | 0,40  | 0,84  | 0,54  | 0,34  | 0,41  | 0,57  | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 15,02 | 10,35 | 7,99  | 9,13  | 13,51 | 10,08 | 13,60 | 8,58  | 10,33 | 9,98  | 10,79 | 7,80  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,53  | 1,01  | 1,44  | 1,12  | 1,56  | 0,99  | 0,90  | 2,78  | 0,53  | 0,57  | 1,18  | 1,42  |
| FeO . . .                            | 0,95  | 4,99  | 7,09  | —     | 3,25  | 5,61  | 3,09  | 0,47  | 1,63  | 1,69  | 1,51  | 4,97  |
| MnO . . .                            | 0,16  | —     | 0,48  | 5,55  | —     | 0,31  | 0,18  | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 0,95  | 8,82  | 13,27 | 13,04 | 5,51  | 13,56 | 10,72 | 1,69  | 1,54  | 2,65  | 4,20  | 20,21 |
| CaO . . .                            | 2,43  | 9,99  | 13,41 | 8,65  | 5,20  | 14,06 | 10,40 | —     | 4,24  | 5,05  | 4,39  | 9,60  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 6,34  | 4,43  | 1,42  | 2,92  | 3,45  | 1,83  | 2,27  | 0,03  | 4,35  | 4,63  | 4,39  | 1,68  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 6,90  | 3,54  | 3,57  | 4,66  | 5,67  | 2,38  | 4,86  | 7,44  | 1,46  | 0,77  | 1,31  | 3,32  |



| Nr. | Gestein             | Ort  | Lagerung   | Mineralzus.   |
|-----|---------------------|--|--|---|
| 1   | Nephelinsyenit      | Gentungenfl. bei Baleangin, Maros            | Alter<br>post-<br>miozän                             | Aug., Bio., Ne., Olig., San.,<br>bas. Lab., Sodalith, Erz. Ap,<br>wie Nr. 2.<br>Or., Mikroperth., Albit, Aug.,<br>Bio., Barkevikit, Ap., Tit.,<br>Erz. Sod. |
| 2   | Nephelinshonkinit   | Gentungenfl., Fuss des Pic von Maros         |  |   |
| 3   | Shonkinit (Marosit) | Baleangin, Gentungenfl., Maros               |  |   |
| 4   | Nephelinshonkinit   | Gentungenfl., Fuss des Pic von Maros         |  |   |
| 5   | Monzonitshonkinit   | Gentungenfl., Maros                          |  |   |
| 6   | Biotitkentalenit    | Gentungenfl., Maros                          |  |   |
| 7   | Fergusit            | Gentungen, Pic von Maros<br>Borneo           |  |   |
| 8   | Rhyolith            | Pelapis Inseln, Nordwestborneo               | Ältere<br>Andesit-<br>formation<br>Eozän-<br>Pliozän |   |
| 9   | Dazit               | Soengi Sebelit, Kebijan, Müllergeb.          |  |   |
| 10  | Dazit               | Soengi Embahoe, Nangah Pemali,<br>Müllergeb. |  |   |
| 11  | Andesit             | Nangah Oeroli, Boeki Loebock,<br>Müllergeb.  |  |   |
| 12  | Leuzitbasalt        | Oeloe Kajan, Ostborneo                       |  |   |
|     |                     |  | Pleistozän?  |   |

| Nr. | Magma | L      | M     | Q      | A     | C    | K <sub>2</sub> O<br>Or | Na <sub>2</sub> O<br>Ab | oder:<br>An |             | Analytiker    |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|------|------------------------|-------------------------|-------------|-------------|---------------|
| 1   | I 4   | 113,04 | 5,42  | —18,46 | 13,24 | 1,78 | 6,90                   | 6,34                    | —           | —           | E. W. Moreley |
| 2   | Ia 3  | 73,28  | 42,84 | —16,12 | 7,97  | 2,38 | 13,54                  | 4,43                    | —           | —           | Hinden        |
| 3   | Ia 2  | 51,92  | 62,50 | —14,42 | 4,99  | 3,00 | 3,51                   | 1,42                    | —           | —           | E. W. Moreley |
| 4   | Ia 3  | 66,84  | 51,38 | —18,22 | 7,58  | 1,55 | 4,66                   | 2,92                    | —           | —           | Hinden        |
| 5   | Ia 3  | 90,52  | 19,14 | — 9,66 | 9,12  | 4,39 | 5,67                   | 3,45                    | 19,1        | —           | Hinden        |
| 6   | Ia 2  | 57,16  | 55,34 | —12,50 | 4,21  | 5,87 | 2,38                   | 1,83                    | —           | —           | E. W. Moreley |
| 7   | Ia 3  | 82,92  | 35,84 | —18,76 | 7,13  | 6,47 | 4,86                   | 2,27                    | —           | —           | E. W. Moreley |
| 8   | I 8   | 60,87  | 6,63  | 32,50  | 7,47  | 0    | 97,0                   | 3,0                     | 0           | t =<br>1,13 | M. Dittrich   |
| 9   | IVa 9 | 63,44  | 6,90  | 29,66  | 5,81  | 4,52 | 18,7                   | 55,0                    | 26,3        | —           | M. Dittrich   |
| 10  | IVa 9 | 61,52  | 9,62  | 28,86  | 5,40  | 4,58 | 10                     | 60                      | 30          | —           | M. Dittrich   |
| 11  | IVa 7 | 65,96  | 12,86 | 21,18  | 5,70  | 5,09 | 15,9                   | 53,6                    | 30,5        | —           | M. Dittrich   |
| 12  | Ia 2  | 51,20  | 63,96 | —15,16 | 5,00  | 2,80 | 3,32                   | 1,68                    | —           | —           | Pisani        |

Literatur: 1. Washington II, S. 317, Nr. 5; Journ. Geol. 1915, 23, S. 240.

2. Washington II, S. 567, Nr. 17; C. Schmidt in Sarasin Insel Celebes. 1901, IV, S. 24.

3. Washington II, S. 677, Nr. 2; Iddings Journ. Geol. 1915, 23, S. 233.

4. Washington II, S. 1109, Nr. 17; C. Schmidt, S. 23.

5. Washington II, S. 445, Nr. 88; C. Schmidt, S. 25.

6. Washington II, S. 603, Nr. 14; Iddings Journ. Geol. 1915, 23, S. 240.

7. Washington II, S. 573, Nr. 3; Iddings Journ. Geol. 1915, 23, S. 233.

Borneo: 8. E. A. Wichmann, K. Akad. Wetenschap. Amsterdam 1912, S. 348.

9.—11. J. Schmutzer, K. Akad. Wetenschap. 1908, S. 400, 406, 460.

12. H. A. Brouwer. Washington II, S. 671 und Pr. Ak. Wetenschap. Amsterdam XII, 1, 1909, S. 151.

Bowonglangi (Bula Bonte Uhu) 2000—2300 m (Sarasin) ein mehrgipfliger Vulkan. Der Hauptberg ist der Pic von Bantaëng (Pic von Bont-hain) 2910 m (Sarasin), ein Vulkan von Ätnagrösse mit zahlreichen Parasiten auf der Mantelfläche. Andesite und Basalte sind die herrschenden Gesteine. Auch auf der Ostküste am Bonigolf sind tertiäre Eruptionsmassen emporgedrungen. Den Latibodjong sieht Wichmann als Vulkan



an. Die Ostkette setzt sich in der Insel Saleyer fort mit andesitischen und basaltischen Gesteinen. In Breccien der Stufe  $m_1$  wurden auch Nephelintephrite festgestellt. Auf der südlichen Insel Tamboeloengan fanden sich neben Augitandesit glasreiche Leuzittephrite.

### C. Die Sumatra-Javabogensysteme.

Der Abbruch der Malayischen Scholle gegen den Indischen Ozean im Westen wird wiederum von einer Zone erloschener und tätiger Vulkane begleitet, die sich durch Sumatra und Java zieht, die Sumatra-Javabogensysteme.

Die nördlichsten Spuren dieses Bogens liegen tief in Asien. Die erloschenen Vulkane von Momein in Yunnan, den Vulkan Pappa in Upper Burma kann man so lange als die Vorläufer betrachten, bis nicht eine genauere Kenntnis der Eruptivgesteine und Zusammenhänge vielleicht andere Beziehungen enthüllt. Im Mündungsgebiet der Irawady stösst man auf pseudovulkanische Erscheinungen in den Schlammvulkanen von Rámri und Cheduba. Die Gase entstammen petroleumführenden tertiären Schichten.

Die ersten greifbaren Spuren des Vulkanismus trifft man im Rückland des Andaman-Nikobarenbogens an. Die Insel Narcondam 699 m besitzt eine roh konische Form ohne Krater und besteht aus Hornblendeandesit.

Weiter folgt der Somnavulkan der Insel Barren-Island. Ein Mustervulkan, der häufig abgebildet worden ist (vgl. I, Fig. 180, S. 505). Der Sommarand ist im Westen aufgebrochen. Der Kegel erhebt sich bis auf 303 m. Der Boden des Atriums liegt in 96 m, ist also nicht vom Meer bedeckt. Die Sommalaven sind Dolerite mit  $\text{SiO}_2 = 49,56\%$  und der Dichte 2,77—2,87, die neue Lava ist ein wenig saurer  $\text{SiO}_2 = 50,10\%$ . Anscheinend sind diese Laven Alboranite.

Der Berg war tätig: 12. Mai 1787; 24. März 1789, der Lavastrom im Atrium entstammt diesem Ausbruch; 1791; 1803 mit strombolianischer Tätigkeit; März 1832; April 1843; 1852; 18. Dez. 1857; 19. März 1858; 1862; 19. April 1866; März 1873; Febr. 1884; 1890. Im vorigen Jahrhundert trug die Tätigkeit meist nur solfatarischen Charakter.

### IX. Sumatra.

Erst mit dem Eintreten in die grosse Insel Sumatra gewinnt der Bogen Zusammenhang.

Der nördlichste Teil der Insel, die Atjeh-, Gajo- und Alasländer, sind geologisch noch unvollkommen durchforscht. Was darüber bekannt ist, haben Wichmann und Volz zusammengestellt.



Volz entwirft von dem Zusammenhang zwischen Tektonik und Vulkanismus folgendes Bild: Das alte Gebirge von Nordsumatra mit Höhen von 2500 m besteht aus einer Reihe von nach Süden gerichteten Schleppbögen mit einer Sehnenlänge von 150—300 km, die sich in der Konfiguration der Küstenlinie deutlich herausheben. Er unterscheidet den Gajobogen, den Battak- und Tapanulibogen, den Padanger- und Korintjibogen. Der Hauptteil der Bögen verläuft nordwestlich—südöstlich bis westöstlich, das geschleppte Stück nordsüdlich. Zwischen Nord- und Südsumatra besteht ein Unterschied. In Mittel- und Südsumatra erscheint das Barisangebirge als zusammenhängendes Kettengebirge. In Nordsumatra dagegen tritt uns eine Auflösung in mehrere, bis drei durch Bruchfelder getrennte Kettengebirgssysteme entgegen. Die Vulkane sitzen an diesen alten Schleppbögen und zwar auf den nördlichen Systemen und queren die Insel. Der Bogen ist also nicht ein in sich geschlossener und verläuft nicht parallel zur Längsachse der Insel, sondern die Vulkangebiete sind durch vulkanfreie Regionen getrennt. Die wichtigsten Segmente sind:

### 1. Der Atjehbogen.

Die Sumatra nördlich vorgelagerten Inseln Pulu Bras, Nasi Ketjil, Nasi Besar sind basaltisch, Pulu Weh besitzt Schwefel und Bimsstein. Auf Sumatra ist das Gebiet auf dem linken Ufer des Atjehtflusses vulkanfrei. Das Atjehtal ist nach Volz ein tektonischer Graben. Es sind folgende Vulkane zu nennen:

Gg. Melijung 630 m von kuppelförmiger Gestalt, Sölawaih Agam (Balaluam) 1726 m, der „Goldberg“ der Seefahrer. Der Berg besitzt eine rege Solfatarentätigkeit, besonders tätig ist nach Volz der „van Heutszkrater“ im Nordosthang in 650 m Höhe, die Gesteine sind Hornblende-pyroxenandesite, ferner sein Zwillingsbruder Sölawaih Inong 993 m (Selaweh, Waisenberg, Weexberg). Eine ganze Reihe von Gipfeln folgen, deren vulkanische Natur aber nicht immer zweifelsfrei erwiesen ist. Gg. Salah 1503 m, ein namenloser Gipfel 2085 m, Glé Samalanga 1204 m, Glé Puntjek 1465 m, Buket Goh? (Elefantenberg) 942 m, Poët Sagoë 2780 m? Gg. Batie Köböe?

Das aktive Zentrum des Bogens ist der Goenoeng Görödong I, ein gegen Nordwesten offener Sommaberg. Der Somma wall erreicht im West-Tjunda nach Wichmann 2930 m, im Ost-Tjunda 2830 m. In diesem alten Krater steigt der Kegel Nord-Tjunda zu 2825 m auf. Auf der Südsüdost-Flanke des Berges hat sich im Bur-ni-Telong (2720 m, 2685 m Volz) das heute tätige Ventil geöffnet. Volz fand in 1900 m noch zwei Explosionskrater mit Bimssteinumwallung von 300 und 50 m Durchmesser. Ausbrüche sind: Sept. 1837; 12./13. Jan. 1839; 14. April 1856.



## 2. Der Gajobogen.

Volz gliedert das Gajoland in vier Hochflächen: Hochland des Laut Tawar — dieser See erfüllt ein tektonisches Senkungsfeld — den Oberlauf des Djambo Ajeh, die Hochfläche des Gajo Luos oder Gajo Tanjo und endlich die Hochfläche Serbo Djadi.

Folgende Berge können als vulkanisch angesprochen werden:

Gg. Görödong II (Gradong) 1680 m (tätig?), der kuppelförmige Abong 3557 m (Singgah Mata, Bur-ni-Djambur Sedjok); Gg. Api, Tanoh Tjempögö (Tanoh Bau) und endlich der pikförmige Gg. Losér 3870 m, die höchste Erhebung des Sinobonggebirges.

## 3. Alasbogen.

Auch über die Vulkane des Alasbogen ist nicht viel bekannt. Von Norden nach Süden sind zu nennen:

Pepandeih 1506 m, die Zwillingsvulkane Deleng Langsar 1538 m und 1447 m und Deleng Segema 2080 m und 2109 m, Deleng Badak 1962 m, Deleng Gaju 1962 m, Deleng Sangapan 1977 m und 1955 m, Goenoeng Natam, der breite Rücken Bandahara 3030 m, Goenoeng Peperkison (Pogo Gesong) ca. 3000 m, der Kegel Bidul 2500 m, Gg. Sarbö, Langet, Goeloe 2200 m, Tusam 1400 m, Deleng Gapus ca. 1400 m, Liang Garas 1850 m und endlich Goenoeng Alas (Batu Gapit) 2550 m. Dieser Vulkan besitzt Schwefel-lager. Volz verlängert diesen Bogen nach Norden über das Temdan-gebirge Bukit Pasai (Goenoeng Udjören) 1674 m bis zur Diamantspitze.

## 4. Battakbogen.

Etwas besser bekannt ist die grosse Vulkananhäufung im Battakland. Dasselbe gliedert Volz in zwei Abschnitte: die Karohochfläche und das Gebiet des Tobasees.

Die Karohochfläche ist ein Aufschüttungsplateau, tektonisch das Ende des Battakgrabens. Der westliche Grabenrand ist durch Westnordwest nach Ost-südost streichende Brüche zerstückelt, die ein mitteldiluviales Alter haben. Die jungvulkanischen Gesteine sind durch Stegemann eingehend untersucht. Ältere Hornblendeaugitandesite greifen mit Höhen von 1500—2000 m von Osten in das Gebiet. Sie brachen an der Grenze Pliozän bis Pleistozän aus. In der Mitte des Diluviums werden die Laven saurer. Sie stehen zwischen Andesit und Trachyt. Quarztrachytandesite mit ihren Tuffen besitzen eine weite Verbreitung. Die jungquartären und subrezentenen Laven sind wiederum basischer geworden (vgl. Tabelle Sumatra I, S. 206, 207).



Ein sehr jugendlicher, auf der Grenze Diluvium—Alluvium erfolgter Einbruch mit einer Sprunghöhe von 800—1000 m in den Quarztrachytandesittuffen ist das Senkungsfeld des Tobasees.

#### a) Vulkane der Karohochfläche.

Palpalan 1815 m, der Domberg Si Milir (Simlir) 1813 m und Pintu 1855 m bestehen aus älteren sauren Andesiten. Sibajak 2172 m (2070 Volz) ist noch solfatarisch tätig. Simati und Deleng Baros 1950 m, Liang 1550 m, Tenaro 1916 m, Simbolan 1400 m sind ferner zu nennen. Alle diese genannten umsäumen die Hochfläche im Norden und Osten. Den Südwestrand der Hochfläche bildet das Kuppengebirge der Langsibattankette mit einer grossen Zahl hoher, bis 2500 m ansteigender Gipfel. Mitten in der Hochfläche erhebt sich der jüngste Vulkan: Si Nabun 2417 m, ein einfacher Kegel mit grossem Krater, in den sich ein zweiter jüngerer Krater von 250 m Durchmesser im Süden einschachtelt, der noch lebhafte Solfatarentätigkeit zeigt. Die Lavaströme sind jüngere Augitandesite (Sumatra I, Nr. 10, S. 207).

Zu nennen sind noch Ossar 1616 m und Deleng Singgalang 1800 m, ein alter Andesitvulkan, der noch einmal zur Eruptionsperiode der jüngeren Andesite neu belebt wurde.

#### b) Das Senkungsfeld des Tobasees.

Piso Piso 1870 m, ein Kreiskegel mit steiler Böschung, erhebt sich 350 m über das Plateau. Pusuk Bukit (= Nabelberg) ca. 2000 m steht über der Wurzel der Halbinsel Samosir im Tobasee und ist noch solfatarisch tätig. Er besteht aus Quarztrachytandesit. Im Süden des Sees baut sich der ältere Andesitvulkan Dolog Martimbang auf. Nördlich von ihm fand Volz ein ausgedehntes Solfatarenfeld bei Sipaholon, westlich vom Andesitdom Dolog Pauung. Weiter ist zu nennen Dolog Saut und die gewaltige alte Andesitkrateruine des Surungan 2113 m mit einem jüngeren, diluvialen Kegel. Der Sockel ist gegen den Tobasee abgebrochen.

Die Aufzählung erschöpft nicht die grosse Zahl der Ausbruchspunkte. Die meisten Vulkane sind diluvial oder reichen höchstens bis in die Zeit der altpleistozänen Faltung zurück.

#### 5. Tapanoelibogen.

Ihm sind die Vulkane Baol-Boali ca. 1200 m, ein langer vulkanischer Bergrücken aus Basalt und Pyroxenandesit, und der Loeboc Raja (Loeboc Raja) 1900 m zuzurechnen. Loeboc Raja ist eine Vulkanruine mit einem mächtigen Kegelberg; der elliptische Ringwall



mit 2400 m und 1400 m Durchmesser ist nur in Resten erhalten. Der Mantel ist durch tiefe Radialrunsen gegliedert. Sangar Oedang 975 m und Sigoemoeroe sind parasitäre Kegel. Die Laven sind Augitandesite und Basalte. Der Vulkan steht auf einem Granit- und Schiefersockel.

#### 6. Mandailinggruppe.

Sie umfasst drei Vulkane: Sorik Marapa (Sorik Berapi) 2040 m (Fennema). Sikadoedock (Sanduduk) und Malintang. Der erste Vulkan ist noch tätig. Der letzte Ausbruch muss vor 1830 stattgefunden haben. Nachrichten finden sich nicht in den holländischen Archiven, doch ist bei den Anwohnern die Nachricht von einem Aschen-, Schlamm- und Steinausbruch erhalten. Verkohlte Baumstämme bezeugen, dass vor nicht allzulanger Zeit der Kegel bewaldet war. Bei Pageran Dolok an seinem Fuss findet sich ein Geysirbecken mit Sinterterrassen. Der Malintang 2100 bis 2300 m ist ein Bergrücken.

Die Laven sind Olivin und Hornblende führende Pyroxenandesite.

#### 7. Padanger Hochlandgruppe.

Im Pandanger Hochland konzentriert sich die vulkanische Intensität Sumatras. Sie ist allerdings nur die ausklingende Phase des weit stärkeren diluvialen Vulkanismus.

Über dem Buagraben im Osten gegen die mächtige tertiäre Decke, die gewöhnlich von Vulkanen gemieden wird, erheben sich Bukit Gadang 1949 m und Sago 2261 m. Sago ist ein abgestumpfter diluvialer Kegel mit tiefen Radialrinnen. Er steht am Nordwestende des Grabens über einem grossen Kesselbruch. Der grosse, gegen Südosten hufeisenförmige Krater besitzt 3 km Durchmesser, ist also durch die Erosion stark erweitert. Der Kraterrand ist in drei Stücke aufgelöst: Malintang 2261 m im Norden, Sago 2080 m im Westen, Karas 2035 m im Osten. Das 1000 m tiefe Aufreissen des Berges kann nicht durch die Erosion allein bewirkt sein, sondern eine Explosion vom Bandaitypus muss die Ursache gewesen sein. Das Gerüst des Vulkans besteht aus hellen Hornblendeandesiten, die von dunkeln basaltähnlichen Gängen durchbrochen werden. Das jüngste Produkt ist Pyroxenandesit, dessen Auswurfsmassen den Mantel aufbauen (vgl. Sumatra II, Nr. 3 -7). Bis 30 km lange Schlammströme laufen in das Tal von Bua herab.

Über dem Singkarakgraben stehen die Vulkane Talang, Merapi und Si Rabungan. Si Rabungan (Seraboengan) 1848 m ist ein Pyroxenandesitvulkan mit tiefen Radialrinnen.

Der grösste Vulkan Sumatras ist der Merapi 2891 m. Seine Tätigkeit beschränkt sich heute auf den Auswurf von Lockerprodukten und



Gasen, Lavaströme sind in historischer Zeit nicht oft geflossen. Merapi ist ein elliptischer Kegel mit der grossen Achse Westsüdwest nach Ostnordost. Das erste Stadium in der Geschichte des Vulkans ist das Merapi-stadium. Die Eruptionspunkte wandern auf der nordsüdlichen Linie von Norden nach Süden. Der älteste Krater ist der Ostkrater „Kapundatua“ 2891 m. Nur der nordwestliche Teil des Randes ist erhalten. Exzentrisch in seiner Südwestecke liegt ein zweiter Ringwall mit 500 m Durchmesser; er besitzt einen dritten konischen Krater Kapundamati mit 320 m Durchmesser und 100 m Tiefe.

In dem zweiten, dem Parapatti-Stadium, wandern die Eruptionspunkte auf der Westsüdwest-Ostnordost-Linie und zwar zuerst gegen Ostnordost und dann rückläufig gegen Westsüdwest. Der Mittelkrater Pakan rebaha lehnt sich an den Westrand des Ringwalls Nr. 2 an. Ein gewaltiges Rohr wurde ausgeblasen, ein mächtiger Lavastrom entquoll ihm und floss um den nächsten Krater, den Westkrater, herum. Der Westkrater, Parapatti 2767 m, ist ein Ringwall von 800 m Durchmesser, bei Verbeek trägt dieser Krater die Bezeichnung A. Im Parapattikrater eingeschachtelt ist Verbeeks Ringwall B. In seiner Nordostecke liegt exzentrisch das Kraterloch Kapundan bongsu. Es hat 250 m Durchmesser und 150 m Tiefe. Es wurde 1879 herausgepufft und ist der gegenwärtig tätige Punkt.

Vor dem Jahre 1879 lagen an seiner Stelle zwei ineinander geschachtelte Krateröffnungen C und D und endlich ein dritter, tiefer Schlot E, wo dieser sich befand ist heute die Solfatarentätigkeit besonders lebhaft. Noch weiter gegen Ostnordost vorgeschoben war der Krater F bei Verbeek, den Volz Verbeekkrater getauft hat. Bis zum Jahre 1879 war er das aktive Zentrum, dann setzte die rückläufige Bewegung ein und Kapundan bongsu trat wieder in Aktion.

Ausbrüche sind bekannt geworden 1770; 23. Juli 1807; 1822; 1833 bis 1834; 16. Nov. 1845; 1854; 1855; Febr. 1861; 20. Mai 1863 mit Lava (Sapper); Dez. 1876 und Dez. 1878; Verbeekkrater 1879; Kapundan bongsu (Volz) 1883; April 1856; 20. Febr. bis 9.—19. März 1888; Febr. bis April 1889; 18. April 1904 mit Lavaausfluss. 1. Nov. 1905; 17. Dez. 1907; 2. Nov. 1911.

Der Merapi ist einer der jüngsten Vulkane und im wesentlichen als altalluvial anzusprechen. Er steht über einem Einbruchskessel von erheblicher Grösse und hat sich frei entwickeln können. Von seinen Laven existieren eine Reihe Analysen (Sumatra III, Nr. 1—9). Es fällt auf, dass diese Gesteine keine echten Andesite mehr sind, sondern in die Trachydolerit-Trachytreihe gehören, eine Tatsache, die besonders hervorgehoben zu werden verdient. Der dritte Vulkan gleicher tektonischer Stellung ist der Talang (Sulasi, Salasi) 2542 m. Die Rolle des Kraters über-



nimmt eine 300 m lange und 30—90 m breite Kraterspalte mit steilen Wänden und Solfataren und Schwefeldfeldern auf dem Boden. Ausbrüche: Okt. 1833; Okt. 1842?; 22. April 1845.

Die Laven sind Augitandesitgläser (Sumatra III, Nr. 15). Das analysierte Gestein ist ein Dazit, doch sind die Alkalien offenbar falsch bestimmt.

Ein zweiter alter Eruptionspunkt des Talangmassives ist Pasar Arbaae 2528 m. Er ist eingebrochen. An seiner Stelle liegt der eiförmige See Danau di Baroe 1464 m. Die Gesteine sind Augitandesite (Sumatra III, Nr. 16).

Wohl auch zum Grabensystem des Singkarak gehörig oder älter sind der Singkarak 800 m und Melalo 1375 m.

Ein Bruch durchschneidet den diluvialen Singkarakvulkan, seine Westhälfte ist in den Singkaraksee versunken. Danach wäre der Singkarakgraben jungdiluvial bis altalluvial.

Die Mantelfläche enthält nach Verbeek saure Pyroxenandesite, die den Talanglaven entsprechen. In der Analyse fällt wieder das Überwiegen des  $K_2O$  über  $Na_2O$  auf. Eine Revision der Analyse wäre von grossem Interesse. Melalo ist der nördlichste Vulkan, auf der Westseite des Singkarakgrabens. Der stark zerstörte Berg hat diluviales Alter, besitzt drei Gipfel Melalo I 1375 m, Melalo II 1238 m und Pajoh 718 m. Die Gesteine sind Augitandesite, Analysen liegen nicht vor.

Die übrigen Vulkane stehen auf dem Westabbruch des Barrisangebirges.

Talu 940 m ist ein hufeisenförmiger Somnaberg mit eingestürztem Kegel, das Gestein ist Pyroxenandesit. Pasaman Telaman (Berg Ophir) 2877 m und 2888 m, ein Doppelvulkan, besitzt den abgestumpften Pasamankegel und auf der Ostseite des Gipfelplateaus den schlanken Telamankegel. Die heutige Tätigkeit beschränkt sich auf solfatarische Aushauchungen auf der Südost- und Nordseite des Telaman. Die Gesteine sind nach Fennema Augithornblendeandesite, Basalte und Augitandesite.

Der Manindjau ist die Ruine eines diluvialen Riesenvulkans, der heute fast vollständig verschwunden ist. An seiner Stelle findet sich der kesselförmige Einbruch des Manindjausees. Seine Oberfläche liegt in 464 m Meereshöhe, er besitzt eine maximale Tiefe von 157 m und eine elliptische Umgrenzung von 23 km in Nordsüd und 9,5 bis 13 km senkrecht dazu. Die Felswände fallen steil ab. Der Umwallungsrand liegt in 600—1300 m Höhe.

Aus der Neigung der Tuffschichten an den noch erhaltenen Gehänge-  
resten versucht nun Volz die Konfiguration des verschwundenen Gipfels zu rekonstruieren. Dieser Versuch ist in vieler Beziehung so interessant,



dass er verdient, ausführlicher besprochen zu werden. Volz geht bei seinem Rekonstruktionsversuch davon aus, dass der normale Vulkan in drei Abschnitte zerlegt werden kann. Der Gipfelkegel, das Gebiet der losen trockenen Aufschüttung, hat 30—40 Grad Böschung, das Mittel- oder Flankenstück zeigt eine durch Sickerwasser gemilderte Neigung von 15—20 Grad. Diese beiden Abschnitte gehören dem primären Aufschüttungskegel an. Der Vulkansockel endlich mit Neigungen von 5 bis 8 Grad ist das Gebiet sekundärer Umlagerung. Nach diesen Gesichtspunkten ergab die Untersuchung der Gehäengereste, dass sich an Stelle des Manindjausees drei Kegel über einem gemeinsamen Sockel erhoben haben. Der Nordvulkan hat die Höhe von 5000 m, der Mittelvulkan 4650 m, der Südvulkan 3850 m besessen. Nimmt man die Schneegrenze in den tropischen Regionen zu 3600 bis 3100 m an, so muss der Berg in der Glazialperiode unbedingt vergletschert gewesen sein. In den Ablagerungen des sogenannten „Meerdiluvium“ erblickt Volz die Ablagerungen von Schlammströmen, deren Bildung an vergletscherten Vulkanen, wie z. B. dem Cotapaxi, sich heute noch verfolgen lässt. Die Schlammströme haben ungeschichtete Massen von wechselnder Mächtigkeit mit deutlicher Vertikalstruktur geliefert. Sie gleichen hellem, bräunlichgrauem Löss und enthalten zahllose Bimssteinbrocken verschiedener Dimensionen. Das Vorkommen derartiger Tuffe ist für die Altersbestimmung zu verwerten. Im Manindjagebiet erscheinen neben Andesiten und Basalt auch liparitische Obsidiane. (Sumatra II, Nr. 8—10.)

Singalang-Tandikat 2890 m ist ein Zwillingsvulkan über einem gemeinsamen Sockel. Der nördliche Singalang ist der Rest eines alten Ringwalles, der einen zweiten kreisrunden Krater umgibt mit dem Durchmesser 340 m und dem Kratersee Danau Gadang in 2838 m Höhe. Der jüngste Bimssteinkegel reitet auf dem Kraterande. Zum Singalang gehört noch ein zweiter Krater 2832 m mit dem Kratersee Danau Ketjil in 2766 m. Eine bis 2071 m herabgehende Einsattlung führt zum zweiten Vulkan Tandikat 2458 m, gleichfalls einem Somnavulkan. Neben Pyroxenandesiten sind Dazite festgestellt. (Sumatra III, 10—11.)

Der Tandikat war 1889 19/20 II tätig, die Ausbruchperiode dauerte bis in den März des Jahres und lebte gegen 3.—4. Dez. noch einmal auf. (Sapper.)

Weiter sind zu nennen Lantei, eine Krater ruine mit den Spitzen Tampoeroeng Gadang 1825 m, Tampoeroeng Ketjil 1706 m, Lantei 1532 m. Das Gestein ist Pyroxenandesit. Der hufeisenförmige Bongsoe I 1535 m mit Augitandesit und Trachytobsidian. (Sumatra III, Nr. 13.) Ferner der Doppelvulkan Limau-manies 1886 m und Segiri 1835 m. (Laven Sumatra III, Nr. 14.) An diesem Vulkan erscheinen Alboranite.



## 8. Korintjigruppe.

Der Hauptberg ist der Korintji oder Pic von Indrapura (Goenoeng Soembing) 3690 m.

Ausbrüche sind 1838; im März und Juni 1842 mit strombolianischer Tätigkeit; März 1887; Oktober 1908.

Andere Berge dieser Gruppe sind Goenoeng Toedjoeh, Patah Sembilan, Pandan und Raja 2300 m.

## 9. Redjanggruppe.

Zu dieser Gruppe sind zu rechnen Tjoendoeng, eine aus Augitandesit bestehende Vulkanruine, die Zwillingsvulkane Loemoet und Belerang und Ocloe Palli (Gg. Pallick) 2500 m mit Boekit Doea 1600 m, letzterer aus Basalt. (Sumatra IV, 4.)

Der Hauptberg aber ist der Kaba 1990 m, ein recht komplizierter Vulkan, der von Volz eingehender untersucht ist. Aus einem flachen, zur Diluvialzeit entstandenen Sockel erhebt sich die heutige Gipfelkrönung des Zwillingsvulkans.

Der Boekit Hitam ist fast ebenso hoch wie der Kaba, aber bis zum Gipfel bewachsen. Auf einer Südwest-Nordostspalte liegt ein kleiner gegen Nordosten offener Kraterkegel und dann der Somnavulkan Kaba. Sein Sommarand ist im Osten, Nordosten und Nordwesten in Stücken erhalten. Die drei gegenwärtig tätigen Krater liegen im Ringgebirge. Es sind gegen Nordosten gezählt: der älteste Kabakrater mit 1000 m Durchmesser — der Rand liegt im Kaba 1983 m —, Bering 1960 m und Reteng 1970 m Höhe — der Kraterboden 200—250 m tiefer —, er ist mit Schwefelschlamm bedeckt und solfatarisch tätig. Es folgt der Verbeekkrater (Krater I bei Verbeek) mit 450 m Durchmesser und 40—80 m Tiefe, der Rand liegt in 1780—1800 m Höhe. Er ist jünger als der Kaba. Der dritte und jüngste Penaboran (Vogelsangkrater, Verbeeks Krater II) liegt auf einem schwarzen Kegel 1770 m und besitzt 200 m Durchmesser und 70 m Tiefe.

Kaba hatte folgende Ausbrüche: Nov. 1853; 1875—1878; 8.—14. Juni 1886; 3. und 4. Febr. bis März 1887; 27. Jan. 1888; 13. Mai 1890.

Der Vulkan steht über dem südsumatranischen Grabenbruch.

## 10. Pasemahgruppe.

Der tätige Vulkan dieser Gruppe ist der Dempo 3120 m (Volz), ein freier Kegel mit Solfatarentätigkeit. Die Laven sind Pyroxenandesite. Ausbrüche: 1817 oder 1818; 1. Jan. 1853; 18. Mai 1879; 2. Juli 1895; 4. Juni 1900; 16. Febr. 1908. Die Ausbrüche sind Explosivausbrüche und Schlammströme.



Zu dieser Gruppe gehören ferner Isis Isis, Soemoe 1447 m, Djamböel 1457 m, Besar II, Balei (Oemang), Patah 2150 m (Volz), Begajoet, Garang Garang 2000 m (Volz), Panindjawan 2165 m (Verbeek), Ringgit II, Ringgit I, Tjapoet 2000 m, Nanti und Karang, Pandan 1700 m (Volz), Besar I.

### 11. Ranaugruppe.

Der Ranau ist eine Krateruine diluvialen Alters, die sich über einem Bimssteinplateau erhebt. Der Berg ist eingestürzt, an seiner Stelle findet sich heute der Ranausee, 559 m. Die Senke hat den Durchmesser 14 km Westost und  $15\frac{1}{2}$  km Nordsüd. Die grösste Tiefe 229 m (Volz). Poendjoug und die im Norden und Osten anschliessenden Berge sind die Reste des Sommaringes.

Abb. 14.

Die Entwicklung des Krakatau-vulkans nach B. G. Escher.

- I A. Der erste grosse Zentralvulkan.
- I B. Der Vulkan ist bis auf drei Randstücke Verlaten, Lang und Rakataeiland zerstört worden. Periode der Tridymitandesite.
- II. Entstehung des exzentrischen Rakatavulkans. Periode der Basalte.
- III A. Verlegung der Ausbruchspunkte, Entstehung des Danan- und Perboewatanvulkans.
- III D. Zerstörung durch den grossen Ausbruch 26.—28. August 1883. Periode der Andesite und Dazite.

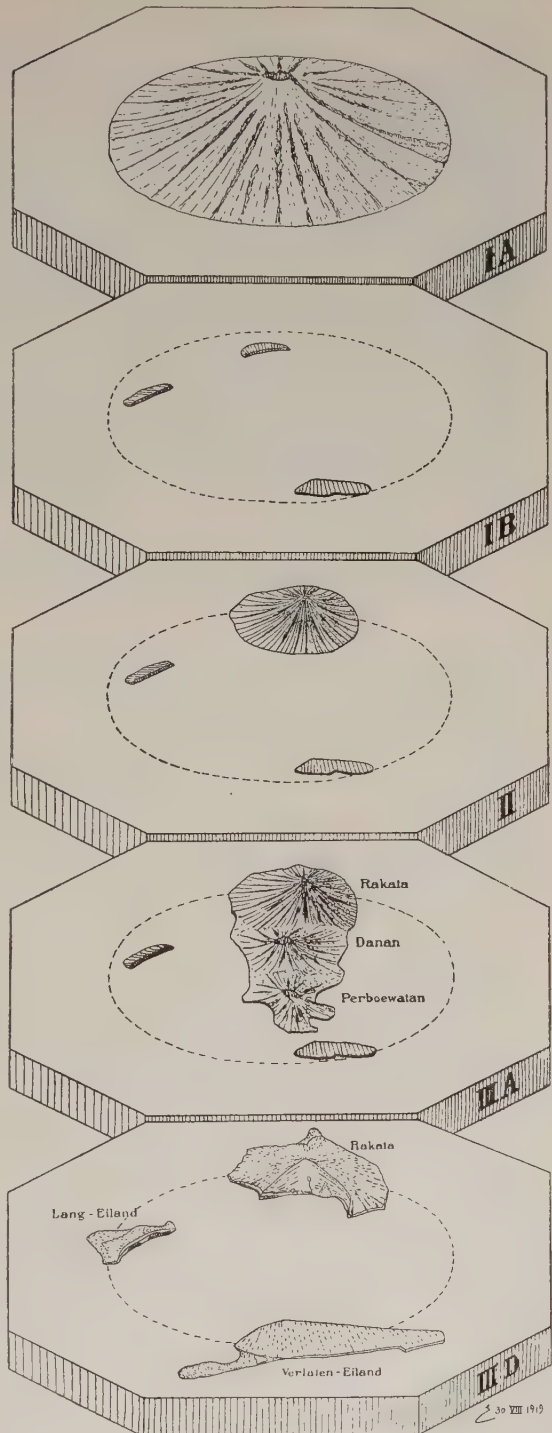




Abb. 15.



Profil durch die Krakatauwand, Nach B. G. Escher (Excursie-Gids voor Krakatau 1919).

- |   |  |
|---|--|
| 1. Tridymitandesit, erster grosser Krakatau vulkan, Periode I.    |  |
| 2., 3., 4., 5., 6. Lava und Tuffe, 7. Weisse Tufflage, Periode I? |  |
| 8., 9., 10., 13., 16. Lavaströme, Lapilli und Aschenlagen         | } Exzentrischer Rakatavulkan,<br>Periode II. |
| 16. Basaltgänge   |  |

Zur Ranaugruppe zählen ferner Poegoeng, Pematang-Apoeng 1760 und 1480 m, Seminoeng 1846 m, Koekoe 1680 m, Besagi 2240 m und 1890 m.

## 12. Kroegruppe.

Sekindja 1600 m ist der Hauptgipfel.  
Augitandesite herrschen in beiden Gruppen.

## 13. Sundagruppe.

Die Sundagruppe umfasst die Vulkane an der Südspitze Sumatras. Der grösste ist der Tanggamus (Keizerpik) 2280 m, ein sehr regelmässig gebauter Pyroxenandesitkegel mit heissen Quellen an seinem Fusse. Ferner Ratais 1554 m, Telok 1200 m, Pesawaran 2280 m, Tangka, Kalambajang 1042 m und Radja Bassa 1291 m (Volz) auf der Südostspitze Sumatras.

Der berühmteste Vulkan aber ist der Krakatau in der Strasse zwischen Sumatra und Java.

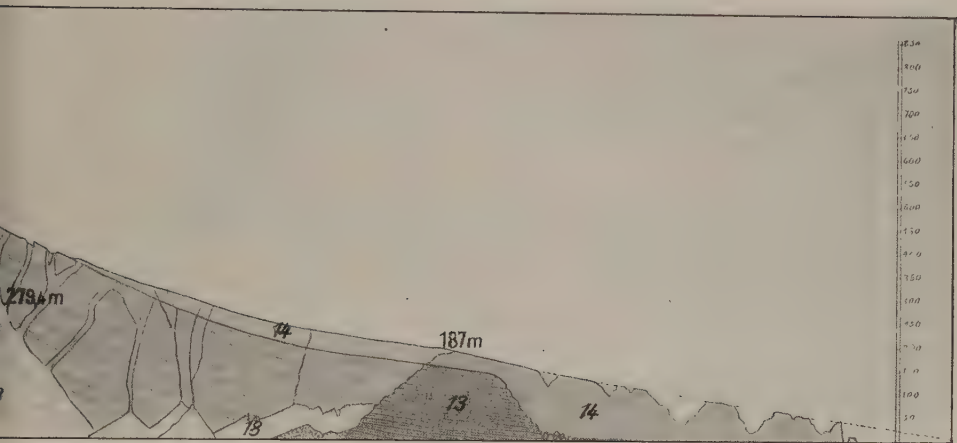
Der Krakatau 832 m (Verbeek), 813 m (van Bemmelen 1908), 816 m (van Gogh 1919) gehört durch seine gewaltige Katastrophe vom Jahre 1883 zu den berühmtesten Vulkanen der Erde.

Seine geologische Geschichte lässt sich in drei Abschnitte gliedern.  
1. Periode der Andesiteruptionen.

Tridymit-Hypersthenandesite bauten den Vulkansockel auf und er-



Abb. 15.



Profil durch die Krakatauwand nach B. G. Escher (Exeursie-Gids voor Krakatau 1919).

- |   |   |
|---|---|
| 17. Andesitgang, 11. Verdickung des Andesitgangs                | } Zentraler Krakatauvulkan,<br>Periode III B. |
| 14. Bimssteintuffe des Ausbruchs 1883. Periode III D.           |   |
| 18. Bimssteinkegel, entstanden nach August 1883, Periode III E. |   |

richteten einen Kegel aus Lockerprodukten, der die Höhe von 2000 m erreicht haben muss. Abb. 14.

Dieser Kegel verschwand durch Einbruch oder Explosion, vom Kalderarand blieben drei Ringstücke übrig: Rakata, Langeiland und Verlateneiland. Abb. 14, S. 199.

## 2. Periode der Basalteruptionen.

Auf dem Rakatastück des Kalderarandes, also exzentrisch zum alten Schlot, schütteten olivinführende basaltische Gesteine den Rakatakegel auf. Abb. 14.

3. Periode des Danan- und Perboewatankraters. (Saure Hypersthenandesite.)

Mitten im Becken entstanden zwei neue Vulkane, der Perboewatan- und Danankrater. Ihre Aufschüttungsmassen vereinigten sich mit dem Rakatavulkan zu einer Insel Krakatau. Abb. 14.

Dies war der Zustand vor der grossen Eruption am 23.—26. August 1883.

Durch dieselbe verschwanden Perboewatan 120 m und Danan ca. 480 m und die Hälfte des Rakata. Fig. 14. Ein Profil durch diesen Vulkan wurde freigelegt, das einen tiefen Einblick in die innere Struktur des Vulkans gewährt. Abb. 15.

Zahlreiche Basaltgänge durchsetzen die Tuffmassen. Besonderes Interesse verdient der Andesitgang in der Mitte des Profils. Er endigt in einer zylindrischen Röhre in 397,5 m Höhe mit ovalem Durchschnitt. Verbeek fasste dieselbe als linsenförmige Verdickung eines Intrusiv-



ganges auf, der sich vom Dananschlott abzweigt hat und die Verbindung zum Rakataschlott herstellte. Gegen diese Auffassung macht Escher geltend, dass der Rakataschlott älter und höher ist, das Magma aus hydrostatischen Gründen also kaum diesen Umweg hat einschlagen können, um in einem höheren Niveau als im Danankrater zutage zu treten. Er deutet vielmehr die Röhre als diatremenartige Endigung des Andesitradialganges des Rakatakegels.

Die Aschen des Krakatau von 1883 sind saure Hypersthenandesite bzw. Dazite. (Sumatra IV, Nr. 8—14.)

Escher hat eine Anzahl von Kieselsäurebestimmungen an Krakataugesteinen zusammengestellt.

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Tridymitandesit, Krakatau                 | 69,74 SiO <sub>2</sub> %    |
| Hypersthenandesit, breiter Gang, Krakatau | 58,76                       |
|   | ( 68,75                     |
|   | 69,89                       |
| Dunkles Glas, Poelsche Hoed . . .         | 70,01                       |
|   | ( 70,48                     |
|   | 68,99                       |
| Bimsstein von 1883 . . . . .              | 68,27                       |
| Obsidian von 1883 . . . . .               | 63,64                       |
| Gelbe glasige Lava . . . . .              | 67,14                       |
| Rote glasige Lava . . . . .               | 65,94                       |
| Basalt . . . . .                          | 48,81, 45,79, 48,85, 48,06. |

Den Explosionspunkt des Obsidians bestimmte Escher zu 870 bis 1170°, den des Pechsteins 1000 bis 1200° C.

Nach der Eruption ist das Krakataubecken zweimal eingehend vermessen worden. 1908 durch van Bemelen und 1919 durch van Gogh. Die Tiefenkarte Abb. 16 zeigt zwei grosse Kalderen I und II. In letzteren lassen sich noch zwei weitere Teilkrater erkennen. Kaldera I entstand 1883. Die Aufnahmen geben ferner Aufschluss über die Fortschritte der Erosion und Benagung durch die Brandung.

Die Zusammensetzung des Untergrundes kann nur aus Proben erschlossen werden, die der Vulkan herausgebracht hat.

Die Mergelkonkretionen und Mergelkugeln aus dem Bimssteintuff sind herausgeworfene Proben. Nach Verbeek gliedert sich der Untergrund Südsumatras in folgender Weise:

1. Gefaltete paläozoische Schiefer, durchbrochen von Graniten und Diabasen.

2. Tertiär.

a) Präandesitische Sedimente—Eozän.

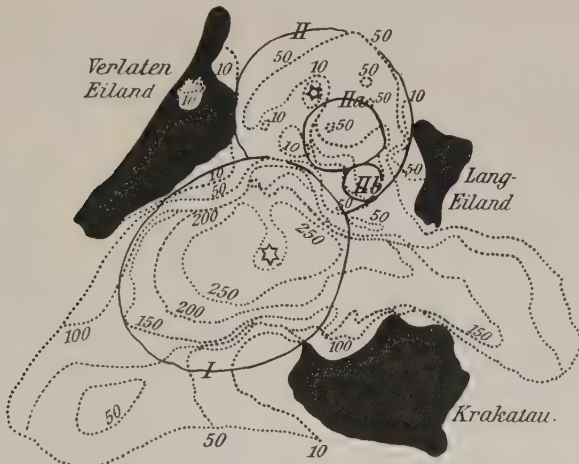
b) Postandesitische Formation—Miozän.



### 3. Jungvulkanische Gesteine Quartär—Rezent.

Von den früheren Ausbrüchen des Krakatau ist nur ein explosiver vom Mai 1680 bekannt. Nach zweihundertjähriger Ruhe begann am Vormittag des 20. Mai 1883 gegen 10 Uhr der Vulkan seine neue Tätigkeit. Einige schwache Erdstöße im Gebiet der Sundastrasse leiteten das Ereignis ein. Die Explosionen waren von Kanonendonner ähnlichem Geräusch begleitet. Die Eruptionswolke erhob sich zu Höhen von 27 bis 30 km. Elektrische Entladungen gingen von den oberen Partien aus. In den ersten 2—3 Tagen wurden Bimssteine und Bruchstücke gefördert, dann nur feine Asche und Dampf. Die Natur der gasigen Produkte ist nicht untersucht worden. Am 27. Mai trat die letzte Erd-

Abb. 16.



Tiefenkarte des Krakatau nach B. G. Escher.

erschütterung ein. Während des ganzen Mai war der letzte Krater Perboewatan allein tätig. Im Juni öffnete sich ein zweiter Krater am Mt. Danan, im August endlich waren drei Essen tätig. Die Hauptkatastrophe erfolgte am 26.—28. August 1883, sie begann am 26. Aug. 1 Uhr nachmittags. Am 27. Aug. 10 Uhr 2 Min. vormittags in Ortszeit erfolgte die Hauptexplosion. Andere Explosionen fanden um 5 Uhr 30 Min., 6 Uhr 44 Min., 10 Uhr 52 Min. vormittags statt. Kleinere Explosionen folgten am 17., 26. Sept., 9.—10. Okt. und 20. Februar 1884, dann kam der Berg wieder zur Ruhe.

Durch diese Explosion wurden die Krater Perboewatan und Danan sowie ein Teil des Rakatapik zerstört. Jetzt brandet in dem 75 qkm grossen Bruchfeld ein 100—200 m, stellenweise über 300 m tiefes Meer. Das Volumen der bewegten Gesteinsmassen wurde von Verbeek zu 18 ckm berechnet.

Im ganzen sind 827 000 qkm von der Asche bedeckt worden.

Diese Katastrophe gehört zu den gewaltigsten Ereignissen vulkanischer



Natur, die der Mensch erlebt hat. Die hierbei wahrgenommenen Erscheinungen sind ihrer Natur nach sehr verschieden. Sie bestehen in:

1. Erschütterungen der Erdkruste.
2. Bewegungen von festen, geschmolzenen und gasförmigen Massen in radialer Richtung nach aussen.
3. In Bewegungen der Luft und des Meeres.
4. In elektrischen und magnetischen Begleiterscheinungen.

Erdbeben sind im Gebiet der Sundastrasse eine häufige Erscheinung. Sie haben aber weder während der Eruption eine Verstärkung noch nach derselben eine Verminderung erfahren, so dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen nicht zu bestehen scheint.

Die von dem Vulkan geförderten Stoffe gehören petrographisch zum Hypersthenandesit, der dem älteren Andesit nahesteht, und bestehen in Asche und Bimsstein. Letzterer wurde nur in den ersten Tagen der Eruption ausgeschleudert. Darunter fand der Ingenieur Scheuermann schwarze Obsidianstücke, die zur Hälfte mit einer bimssteinartigen Kruste bedeckt waren. (Verbeek, S. 123.)

Alle Produkte des Ausbruchs sind ausserordentlich glasreich.

Die Bimssteinblöcke erlangten im Maximum ein Volumen von einem Kubikmeter. Gröberes Material ist in einem Umkreis von 15 km Radius gefallen. Die Sande und feinere Asche fielen jedoch 40 bis 80 km weit vom Vulkan, ohne dass eine Verfrachtung durch den Wind dabei mitgewirkt hätte.

Die Explosion muss nach Verbeeks Schätzung die feine Asche bis zu einer Höhe von 50 km emporgeschleudert haben, die Geschwindigkeit mag mit 5000—6000 Sekundenmetern nicht zu hoch gegriffen sein.

Der herrschende Südost- und Nordostwind hat Krakatauasche nach Malakka und bis zu den Kelinginseln inmitten des Indischen Ozeans verweht, 1200 km weit. Dabei zeigte sich der vorherrschende Einfluss der in über 2000 m Höhe meist wehenden Ostwinde, während in den tieferen Regionen die Windrichtung entgegengesetzt ist (vgl. Abb. 17, S. 216 u. 217).

Auf die Suspension feinsten, fester Teilchen in der Luft wird eine Reihe optischer Erscheinungen, wie die Blau- und Grünfärbung der Sonne und des Mondes in der Nähe des Horizontes sowie die farbenprächtigen Dämmerungserscheinungen zurückgeführt.

Aus den zahlreichen Beobachtungen derartiger Erscheinungen zu verschiedenen Zeiten und Orten geht hervor, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Asche bis 134 km in der Stunde betragen haben muss. In  $13\frac{1}{2}$  Tagen lief die Aschenwolke einmal um die Erde, ein zweites mal in  $12\frac{1}{2}$  Tagen. Als mittlere Geschwindigkeit berechnet sich für die Wolke in einer Höhe von 30 km 72,21 Meilen, in 50 m Höhe 72,44 Meilen in einer Stunde.

Die Detonation der grossen Explosion wurde in einem Umkreis von 3333 km, etwa über  $\frac{1}{11}$  der ganzen Erdoberfläche vernommen. Im Osten



in Doreh, im Westen auf Ceylon, Diego, Garcia und Rodriguez im Indischen Ozean, im Süden in Daly Waters und Alice Spring, Australien in 1751 Meilen Entfernung.

Gleichzeitig mit der Schallwelle ging als Folge der Eruption eine Luftwelle von dem Vulkan aus. Diese Schwingungen des Luftozeans besaßen eine grössere Wellenlänge, dass sie nicht mehr als Ton durch das Ohr wahrgenommen wurden, sondern nur durch barometrische Instrumente registriert werden konnten. Doch war der Luftdruck in 150 km Entfernung, in Batavia noch so stark, dass Fensterscheiben sprangen. Die Welle verbreitete sich von dem Erregungszentrum in gleichmässiger Weise um die ganze Erde und gelangte zu ihrem Ausgangspunkt zurück, um noch ein zweites, ja drittes mal und häufiger den Erdrund zu umlaufen.

Verbeek berechnet die Geschwindigkeit der Luftwelle im Mittel zu 313,54 m in der Sekunde, in 10 km Höhe über der Erdoberfläche 314,0 m. Diese Zahlen kommen dem Werte der Schallgeschwindigkeit recht nahe, sie würden ihr bei einer Temperatur von  $-30^{\circ}$  genau entsprechen. Nimmt man an, dass die Geschwindigkeit auch dieser Luftschwingungen genau gleich der des Schalles wäre, so würde einer Temperatur von  $-30^{\circ}$  eine Höhe von 10 km entsprechen und in dieser Höhe der Ausgangspunkt und die Verbreitung der Wellen zu suchen sein.

Als weitere Begleiterscheinung, veranlasst durch den Einbruch des Vulkans, trat eine Flutwelle auf; sie wurde zur gleichen Zeit wie die Luftwelle erregt, erhob sich am Toppershoedjeriff 30 m, bei Dwars in den Weg und Anjir sogar 36 m hoch und pflanzte sich zwischen Krakatau und Tandjong Priok mit einer Geschwindigkeit von 68,8 km in der Stunde (19,11 m in der Sekunde) fort. Dieser ersten höchsten Flutwelle folgten weitere weniger hohe. Die Periode berechnet sich zu 2 Stunden und 12 Minuten, die Wellenlänge zu 151,36 km. Die Welle flutete über den Pazifischen Ozean und raubte durch Überschwemmung der niedrigen Inseln und Küstenstreifen 36 000 Menschen das Leben, sie querte den Atlantischen Ozean und wurde an der atlantischen Küste Frankreichs noch gespürt.

Zusammenfassend lässt sich von den Vulkanen Sumatras sagen, dass höchstens 10 % heute tätig sind. Die Hauptzahl der Vulkane hat pleistozänes (diluviales) Alter und mag mit dem Unterbau bis ins Pliozän zurückreichen.

Der heutige Vulkanismus stellt also nur die ausklingende Phase des quartären Maximums dar. Dementsprechend ist die Art der Eruptionen beschaffen. Die explosive oder gar solfatarische Tätigkeit ist die herrschende. Über den strombolianischen Typus steigt die vulkanische Intensität nicht. Lavaströme sind in grösserem Umfang überhaupt nicht in Erscheinung getreten. Die Berge befinden sich nicht mehr im aufbauenden Stadium. Die grösste Katastrophe des Krakatauausbruchs läuft auf die Bildung einer grossen Explosionskaldera hinaus.



## Sumatra I. Battakhochland und Tobaeinbruch.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1                               | 2                              | 3     | 4     | 5     | 6                     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 54,33                           | 55,18                          | 67,75 | 68,81 | 71,25 | 62,23                 | 56,40 | 50,84 | 66,71 | 57,70 | 55,99 | 59,47 | 53,94 | 60,78 | 69,44 | 60,41 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,72                            | 0,96                           | 0,32  | 0,36  | —     | 0,63                  | 0,66  | 0,81  | —     | 0,71  | 0,70  | 0,77  | 1,06  | 0,62  | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,23                            | —                              | Sp.   | Sp.   | —     | Sp.                   | Sp.   | 0,31  | —     | 0,14  | 0,13  | Sp.   | Sp.   | 0,06  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 16,96                           | 18,02                          | 15,51 | 14,61 | 14,21 | 16,96                 | 17,66 | 19,81 | 15,82 | 16,36 | 18,19 | 16,97 | 18,93 | 17,63 | 15,21 | 17,44 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 3,86                            | 3,29                           | 2,26  | 1,36  | 0,85  | 1,27                  | 5,60  | 6,68  | 0,71  | 4,20  | 4,10  | 2,80  | 4,06  | 3,82  | 1,74  | 1,98  |
| FeO . . .                            | 3,72                            | 4,94                           | 1,22  | 1,26  | 0,43  | 2,92                  | 1,83  | 3,21  | 0,32  | 3,47  | 3,85  | 3,69  | 5,08  | 2,18  | 0,56  | 1,78  |
| MnO . . .                            | —                               | —                              | —     | —     | —     | —                     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 3,11                            | 3,81                           | 0,91  | 0,74  | 0,89  | 2,02                  | 3,76  | 4,01  | 2,05  | 3,41  | 3,02  | 2,82  | 3,23  | 2,25  | 0,93  | 1,85  |
| CaO . . .                            | 5,81                            | 7,51                           | 2,79  | 2,21  | 2,72  | 6,56                  | 7,24  | 8,90  | 3,96  | 7,32  | 8,27  | 5,83  | 7,85  | 5,75  | 1,99  | 2,79  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 2,05                            | 2,60                           | 3,22  | 3,31  | 3,11  | 3,07                  | 2,96  | 3,53  | 7,12  | 3,22  | 3,28  | 2,40  | 2,56  | 2,86  | 5,11  | 7,51  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,67                            | 1,89                           | 3,15  | 4,61  | 6,74  | 1,07                  | 2,10  | 1,01  | 2,42  | 2,11  | 1,53  | 2,36  | 1,68  | 2,56  | 4,53  | 5,64  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 4,27                            | 1,09                           | 2,29  | 2,60  | 0,48  | 2,47                  | 1,31  | 1,02  | 1,01  | 1,14  | 0,99  | 9,27  | 0,92  | 1,38  | 0,77  | 0,51  |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | 0,87                            | 0,58                           | 0,45  | 0,32  | —     | —                     | 0,32  | 0,12  | —     | 0,16  | 0,20  | 0,65  | 0,42  | 0,24  | —     | —     |
| Sonst. Best.                         | CO <sub>2</sub> =2,31<br>S=0,07 | CO <sub>2</sub> =0,10<br>S=Sp. | —     | —     | —     | CO <sub>2</sub> =0,10 | —     | —     | —     | —     | S=Sp. | —     | —     | —     | —     | —     |

|              |       |       |       |        |        |        |       |        |        |       |        |        |       |        |        |       |
|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Salz . . .   | 99,95 | 99,97 | 99,87 | 100,19 | 100,68 | 100,11 | 99,84 | 100,25 | 100,08 | 99,94 | 100,25 | 100,13 | 99,73 | 100,03 | 100,28 | 99,91 |
| Spez. Gew. . | —     | —     | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —     | —      | —      | —     | —      | —      | —     |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 65,12 | 61,77 | 76,60 | 77,45 | 77,57 | 69,69 | 63,73 | 57,77 | 72,29 | 64,26 | 62,52 | 67,23 | 60,99 | 68,43 | 76,42 | 67,48 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,95  | 0,81  | 0,27  | 0,30  | —     | 0,53  | 0,56  | 0,69  | —     | 0,59  | 0,58  | 0,65  | 0,90  | 0,52  | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,15  | —     | —     | 0,06  | —     | —     | 0,03  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 11,96 | 11,87 | 10,32 | 9,67  | 9,10  | 11,17 | 11,74 | 13,24 | 10,08 | 10,72 | 11,95 | 11,29 | 12,59 | 11,67 | 9,85  | 11,46 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,73  | 1,38  | 0,96  | 0,57  | 0,35  | 0,53  | 2,37  | 2,84  | 0,28  | 1,75  | 1,72  | 1,19  | 1,72  | 1,61  | 0,72  | 0,83  |
| FeO . . .                            | 3,72  | 4,61  | 1,14  | 1,18  | 0,39  | 2,73  | 1,72  | 3,04  | 0,28  | 3,22  | 3,58  | 3,47  | 4,79  | 2,05  | 0,52  | 1,65  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 5,59  | 6,39  | 1,54  | 1,25  | 1,45  | 3,39  | 6,37  | 6,83  | 3,33  | 5,69  | 5,05  | 4,78  | 5,48  | 3,80  | 1,53  | 3,10  |
| CaO . . .                            | 7,47  | 9,01  | 3,38  | 2,67  | 3,18  | 7,87  | 8,77  | 10,83 | 4,60  | 8,73  | 9,90  | 7,06  | 9,51  | 6,94  | 2,34  | 3,34  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 2,38  | 2,81  | 3,52  | 3,61  | 3,33  | 3,23  | 3,23  | 3,88  | 7,47  | 3,47  | 3,55  | 2,63  | 2,80  | 3,11  | 5,44  | 8,12  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,27  | 1,35  | 2,27  | 3,31  | 4,68  | 0,76  | 1,51  | 0,73  | 1,67  | 1,50  | 1,09  | 1,70  | 1,22  | 1,84  | 3,18  | 4,02  |



| Nr. | Gestein                        | Mag-<br>ma | Ort  | Lagerung  | Mineralzus.  | L                 | M     | Q   | A    | C    | Or   | Ab   | An   | t    | Analytiker |
|-----|--------------------------------|------------|--|---|--|-------------------|-------|---|------|------|------|------|------|------|------------|
| 1   | Propyl. Augitandesit           | IVa 7      | Aufstieg Parsimbalan z. Höhen-<br>rand, Tobaland | Pliozän   | Felds. Hornbl.<br>Aug. umgew.  | 59,92             | 18,62 | 21,46   | 3,65 | 7,47 | 17,6 | 32,4 | 50,0 | 0,83 | Dittrich   |
| 2   | Augitandesit                   | IVa 7      | Parsimbalan Höhenr., Tobaland                    | Pliozän   | An. Lab. Py. Hy.   | 64,12             | 26,60 | 9,28  | 4,16 | 7,71 | 17,5 | 35,0 | 47,5 | —    | Dittrich   |
| 3   | Quarztrachytandesit            | IVa 9      | Lai Hrunn, Pakpakland                            | Mittel-<br>pleistozän<br>ältere And.<br>propyl. | Q. San. And.   | 60,99             | 5,36  | 33,65   | 5,79 | 3,38 | 30,7 | 46,7 | 22,6 | 1,15 | Dittrich   |
| 4   | Bimsstein-Tuff                 | III 6      | Lau Matap, Karoland                              |   | Bi. Ho.  | 76,12             | 4,86  | 19,02   | 6,92 | 2,75 | 40,2 | 44,0 | 15,8 | —    | Dittrich   |
| 5   | Quarztrachytandesit            | III 6      | Lau Bang, Battakhochfläche                       |   | Apatit   | 68,28             | 7,76  | 24,00   | 7,96 | 1,14 | 54,6 | 38,4 | 7,0  | —    | W. Herz    |
| 6   | Biolithornblendezazit          | IVa 7      | Deleng Palpalan, Abstieg n. S.                   | Einschluss in<br>—                              | Q. Or. Plag.<br>Bi. Ho. Aug.   | 61,04             | 13,82 | 25,14   | 4,06 | 7,08 | 10,5 | 43,4 | 46,1 | —    | Dittrich   |
| 7   | Biolithornblendeanandes.       | IVa 7      | Vulkan Sibajak, Karoland                         |   | And. Lab. Q.<br>Bi. Ho.  | 65,92             | 20,37 | 13,71   | 4,74 | 7,00 | 18,5 | 39,0 | 42,7 | —    | Dittrich   |
| 8   | Leukokrate-Ausscheidg.         | IVa 7      | Vulkan Sibajak, Karoland                         |   | And. braune<br>Ho. Bio. Py.  | 71,40             | 24,14 | 4,46  | 4,61 | 8,63 | 14,3 | 44,7 | 41,0 | —    | Dittrich   |
| 9   | Biotittrachyt                  | III 7      | Vulkan Deleng Baros, Battak-<br>hochland         | —   | Plag. (M=010, —<br>15 <sup>9</sup> — 25 <sup>9</sup> — 30 <sup>0</sup> ) | 76,88             | 14,54 | 8,58  | 9,14 | 0,94 | 18,4 | 76,5 | 5,1  | —    | W. Herz    |
| 10  | Hornblendepyrroxen-<br>andesit | IVa 7      | Vulkan Si Nabun, Karoland                        | Gipfel  | Lab. Py. Hy.<br>Ho. c: c = 12 <sup>0</sup>                               | 62,76             | 23,78 | 13,46   | 4,97 | 5,75 | 20,2 | 47,5 | 32,3 | —    | Dittrich   |
| 11  | Augitandesit                   | IVa 7      | Sukanalu, Si Nabun, Karoland                     | Lavastrom                                       | And. By. Py. Hy.<br>bas. Ho. Ap. Erz                                     | 66,36             | 22,44 | 11,20   | 4,64 | 7,31 | 13,2 | 43,4 | 43,4 | —    | Dittrich   |
| 12  | Propyl. Hornblendean.          | IVa 7      | Kuta-Baju Pass, Timorland                        | Pliozän   | And. Q. Ho. Erz  | 62,48             | 16,70 | 20,82   | 4,33 | 6,92 | 21,8 | 33,4 | 44,8 | —    | Dittrich   |
| 13  | Hypersithenandesit             | IV 7       | Ostfuss des Deleng Singalang,<br>Timorland       | —   | Epidot, Chlorit<br>Lab. Hy. Aug.   | 66,44             | 22,42 | 11,14   | 4,02 | 8,57 | 14,5 | 33,7 | 51,8 | —    | Dittrich   |
| 14  | Quarztrachytandesit            | IVa 7      | Bulu Nipis                                       | Pleistozän<br>bis<br>subrezent                  | And. San. Q.<br>Bi. Ho.  | 66,48             | 12,14 | 21,38   | 4,95 | 6,72 | 21,7 | 37,3 | 41,0 | —    | Dittrich   |
| 15  | Quarztrachytandesit            | III 7      | Porobbo, Tobassee                                |   | Ho. Bi. Plag.<br>San. Q. Aug. Hy.  | 73,88             | 6,52  | 19,60   | 8,62 | 1,23 | 34,8 | 58,7 | 6,5  | —    | W. Herz    |
| 16  | Trachytandesit                 | —          | Tongging, Tobassee Nordwest-<br>ecke             |   | Py. Hy. Plag.<br>San.  | Analyse<br>falsch | —     | A —<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —<br>+ 0,88 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | W. Herz    |

Literatur: 1.—4. 6. 7. 10.—15. H. Stegmann, Die jungen Eruptivgesteine der Battakländer, N. Jahrb. f. Min. 1909, BB. 27. 5. 9. 15. 16. L. Milleh, Über Gesteine der Battakhochfläche (Zentralsumatra), Zeitschr. D. geol. Ges. 1899, S. 64, 66.



## Sumatra II. Padangerhochland, Sago, Manindjau.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1      | 2     | 3    | 4      | 5      | 6     | 7      | 8    | 9    | 10     |
|--------------------------------------|--------|-------|------|--------|--------|-------|--------|------|------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 60,66  | 61,42 | 62,6 | 58,39  | 60,2   | 54,9  | 50,54  | 72,0 | 58,2 | 52,63  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —      | —     | —    | —      | —      | —     | —      | —    | —    | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —      | —     | —    | —      | —      | —     | —      | —    | —    | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 17,86  | 15,21 | 19,5 | 15,90  | 17,8   | 19,2  | 19,80  | 14,9 | 20,4 | 16,66  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 2,21   | 2,43  | 4,0  | 6,88   | 3,9    | 4,9   | 6,45   | 0,3  | 4,6  | 5,20   |
| FeO . . .                            | 4,01   | 1,88  | 0,3  | 1,73   | 1,5    | 3,4   | 3,70   | 0,2  | 0,3  | 3,18   |
| MnO . . .                            | 0,60   | —     | —    | 0,90   | —      | —     | —      | —    | —    | —      |
| MgO . . .                            | 1,59   | 1,19  | 1,4  | 3,35   | 1,6    | 2,6   | 3,11   | 0,3  | 3,0  | 3,87   |
| CaO . . .                            | 6,38   | 8,34  | 4,5  | 7,76   | 6,1    | 9,2   | 11,75  | 0,8  | 7,7  | 11,72  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 0,67!  | 5,53  | 3,9  | 0,89!  | 6,2    | 4,0   | 3,49   | 4,1  | 3,2  | 5,15   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 4,43!  | 1,90  | 2,4  | 4,17!  | 1,7    | 1,8   | 1,15   | 4,2  | 2,0  | 1,59   |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 2,46   | 0,97  | 0,9  | 0,32   | 1,0    | 0,8   | 0,36   | 2,7  | 0,4  | 0,68   |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —      | —     | —    | —      | —      | —     | —      | —    | —    | —      |
| Sonst. Best. .                       | —      | —     | —    | —      | —      | —     | —      | —    | —    | —      |
| Sa. . . .                            | 100,87 | 98,87 | 99,5 | 100,99 | 100,00 | 100,8 | 100,35 | 99,7 | 99,8 | 100,68 |
| Spez. Gew. .                         | 2,712  | 2,585 | —    | 2,755  | —      | —     | 2,819  | —    | —    | 2,819  |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 68,51 | 68,15 | 71,09 | 65,32 | 67,33 | 61,25 | 56,76 | 80,90 | 65,18 | 57,59 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 11,87 | 9,93  | 13,03 | 10,47 | 11,71 | 12,20 | 13,08 | 9,85  | 13,44 | 10,72 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,93  | 1,01  | 1,70  | 2,89  | 1,64  | 2,05  | 2,72  | 0,13  | 1,93  | 2,13  |
| FeO . . .                            | 3,78  | 1,74  | 0,29  | 1,61  | 1,40  | 3,16  | 3,46  | 0,19  | 0,28  | 2,90  |
| MnO . . .                            | 0,58  | —     | —     | 0,85  | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 2,69  | 1,98  | 2,38  | 5,62  | 2,69  | 4,35  | 5,23  | 0,50  | 5,04  | 6,35  |
| CaO . . .                            | 7,72  | 9,91  | 5,48  | 9,30  | 7,31  | 11,00 | 14,14 | 0,96  | 9,24  | 13,74 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 0,73! | 5,94  | 4,29  | 0,96! | 6,71  | 4,32  | 3,79  | 4,46  | 3,46  | 5,46  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 3,19! | 1,34  | 1,74  | 2,98! | 1,21  | 1,27  | 0,82  | 3,01  | 1,43  | 1,11  |



| Nr. | Gestein                     | Mag-<br>ma | Ort                                       | Lagerung                             | Mineralzus.                                   |
|-----|-----------------------------|------------|---|--------------------------------------|---|
| 1   | Augitandesit                | IVa 7      | Apenberg, S. Padang                       | altmiozän                            | Plg. Aug. Erz.<br>Ap. propylit.               |
| 2   | Hornblendeandesit           | IVa 7      | Gunung Tiga bei Moedjoe,<br>Padang        | —                                    | Olig-Lab. Ho.<br>Aug. Bi. Q.                  |
| 3   | Hornblendeaugit-<br>andesit | IVa 7      | Vulkan Sago                               | Alter von                            | Hy. bas. Ho. c:<br>50. Aug. An-Lab.           |
| 4   | Augitandesit                | IVa 7      | Vulkan Sago                               | 3—7 Plei-<br>stozän bis<br>subrezent | —   |
| 5   | Hornblendeaugit-<br>andesit | IVa 7      | Vulkan Sago, äusserer<br>Rand des Kraters |                                      | And-bas. Lab.<br>Ho. c : c = 10°,<br>Hy. Aug. |
| 6   | Hornblendeaugit-<br>andesit | IVa 7      | Vulkan Sago                               |                                      | Lab. Aug.<br>Ho. Erz.                         |
| 7   | Augitandesit                | IVa 7      | Vulkan Sago                               |                                      | —   |
| 8   | Liparite                    | III 8      | Vulkan Manindjau                          | Bimsstein                            | —   |
| 9   | Augitandesit                | IVa 7      | Vulkan Manindjau                          | alter                                | Olig. Lab. Hy.<br>Aug. Erz.                   |
| 10  | Basalt                      | IVa 5      | Rivier Kaloeloetan, Manind-<br>jau        | Pleistozän                           | —   |

| Nr. | L     | M     | Q      | A    | C    | Or    | Ab   | An   | t                   | Analytiker  |
|-----|-------|-------|--------|------|------|-------|------|------|---------------------|-------------|
| 1   | 62,47 | 14,10 | 23,43  | 3,92 | 7,72 | 41,1? | 8,9  | 50,0 | f Analyse<br>falsch | Penink      |
| 2   | 68,84 | 21,96 | 9,20   | 7,28 | 2,65 | 15,3  | 69,4 | 15,3 | —                   | Clausnitzer |
| 3   | 71,68 | 6,75  | 21,57  | 6,03 | 5,48 | 19,5  | 49,4 | 31,1 | 1,52                | Hoppe       |
| 4   | 57,64 | 22,98 | 19,38  | 3,94 | 6,53 | 41,6? | 14,0 | 44,4 | f Analyse<br>falsch | Kramers     |
| 5   | 78,52 | 15,46 | 6,02   | 7,92 | 3,79 | 12,2  | 68,5 | 19,3 | —                   | Hoppe       |
| 6   | 72,76 | 23,00 | 4,24   | 5,59 | 7,01 | 14,3  | 47,2 | 38,5 | —                   | Hoppe       |
| 7   | 70,76 | 28,12 | 0,52   | 4,61 | 8,47 | 9,1   | 43,1 | 47,8 | —                   | Clausnitzer |
| 8   | 65,02 | 1,38  | 33,60  | 7,47 | 0,96 | 37,5  | 56,3 | 6,2  | 1,42                | Hoppe       |
| 9   | 73,32 | 13,67 | 13,01  | 4,89 | 8,55 | 15,2  | 38,0 | 46,8 | —                   | Hoppe       |
| 10  | 69,16 | 37,68 | — 6,54 | 6,57 | 4,15 | 12,6  | 63,3 | 24,2 | —                   | Clausnitzer |

Literatur: 1. 2. 4. 7. 10. R. D. M. Verbeek, Topographische en geologische Beschrijving van en gedeelte van Sumatras Westkust, Batavia 1883, S. 372, 516. 3. 5. 6. 8. 9. H. Hoppe, Über Andesite der Vulkane Sago, Merapi, Manindjau und Kaba auf Sumatra. Inaug.-Diss., Breslau 1903.



## Sumatra III. Padangerhochland, Merapi, Singalang, Singkarak usw.

## A. Gewichtsprozent.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4  | 5      | 6     | 7     | 8      | 9     | 10     | 11     | 12     | 13     | 14    | 15     | 16     |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|--|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 66,85 | 64,4  | 58,31 | 53,75  | 59,39  | 59,13 | 52,6  | 53,94  | 53,2  | 63,41  | 53,77  | 57,84  | 78,15  | 56,89 | 60,47  | 58,31  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —     | —     | 0,88   | —      | —     | —     | —      | —     | 0,10   | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | 0,25   | —      | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 14,17 | 19,3  | 12,01 | 17,06  | 14,34  | 12,98 | 22,5  | 19,27  | 19,2  | 16,50  | 15,01  | 18,40  | 11,94  | 15,81 | 17,81  | 18,90  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 3,85  | 2,1   | 6,41  | 4,18   | 6,64   | 6,08  | 6,8   | 4,16   | 4,0   | 2,53   | 5,07   | 6,22   | 0,72   | 6,32  | 5,79   | 3,65   |
| FeO . . .                            | 0,80  | 0,5   | 0,97  | 5,50   | 0,92   | 0,52  | 0,6   | 2,70   | 2,9   | 3,36   | 3,07   | 2,41   | 0,33   | 3,76  | 2,09   | 3,62   |
| MnO . . .                            | 0,21  | —     | —     | 0,50   | —      | —     | —     | —      | —     | Sp.    | —      | 0,23   | 1,58   | 3,64  | 0,94   | 1,82   |
| MgO . . .                            | 1,82  | 1,1   | 2,47  | 4,07   | 1,92   | 2,13  | 2,3   | 1,83   | 3,7   | 2,74   | 1,97   | 3,33   | 0,20   | 2,62  | 4,47   | 1,64   |
| CaO . . .                            | 4,28  | 3,3   | 11,99 | 7,72   | 8,65   | 11,90 | 8,8   | 10,70  | 9,2   | 5,80   | 16,50  | 8,19   | 1,32   | 6,79  | 4,51   | 7,19   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,64  | 5,7   | 4,13  | 3,33   | 5,83   | 3,99  | 4,2   | 5,55   | 5,5   | 1,90   | 3,99   | 0,89   | 0,67   | 1,35  | 0,50   | 3,01   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,68  | 3,4   | 2,00  | 1,37   | 3,09   | 2,12  | 2,1   | 2,49   | 1,9   | 2,26   | 1,26   | 2,61   | 5,71   | 1,61  | 4,13   | 1,01   |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,12  | 0,3   | 1,56  | 0,50   | 0,12   | 0,05  | 0,5   | 0,27   | 0,4   | 1,55   | 0,17   | 0,86   | 0,14   | 0,51  | 0,22   | 0,91   |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —     | —     | —     | 0,39   | —      | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| Sonst. Best. .                       | —     | —     | —     | Cl=0,01, F=0,06, S=0,06,<br>BaO=0,02, SrO=0,12 | —      | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| Sa. . .                              | 99,40 | 100,1 | 99,85 | 99,87  | 100,90 | 98,90 | 100,4 | 100,89 | 100,0 | 100,15 | 100,81 | 100,98 | 100,76 | 99,50 | 100,93 | 100,08 |
| Spez. Gew. .                         | 2,499 | —     | 2,645 | —  | 2,604  | 2,655 | —     | 2,732  | —     | 2,498  | 2,779  | 2,736  | 2,355  | 2,774 | 2,722  | 2,683  |

## B. Molekularprozent.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 73,48 | 71,76 | 64,49 | 59,97 | 65,37 | 65,23 | 60,34 | 59,77 | 58,88 | 70,14 | 58,22 | 64,63 | 83,98 | 64,37 | 66,96 | 65,47 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —     | —     | 0,74  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | 0,13  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 9,16  | 12,61 | 7,81  | 11,18 | 9,29  | 8,43  | 15,19 | 12,55 | 12,50 | 10,68 | 9,56  | 12,10 | 7,55  | 10,52 | 11,60 | 12,49 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,58  | 0,87  | 2,66  | 1,74  | 2,74  | 2,53  | 2,93  | 1,73  | 1,66  | 1,00  | 2,06  | 2,61  | 0,29  | 2,76  | 2,40  | 1,53  |
| FeO . . .                            | 0,73  | 0,46  | 0,90  | 5,09  | 0,85  | 0,47  | 0,57  | 2,49  | 2,68  | 3,11  | 2,77  | 2,25  | 0,29  | 3,55  | 1,93  | 3,39  |
| MnO . . .                            | 0,20  | —     | —     | 0,47  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,21  | 1,44  | 3,48  | 0,88  | 1,72  |
| MgO . . .                            | 3,00  | 1,83  | 4,10  | 6,83  | 3,17  | 3,52  | 3,96  | 3,04  | 6,14  | 4,58  | 3,20  | 5,58  | 0,32  | 4,45  | 7,42  | 2,76  |
| CaO . . .                            | 5,04  | 3,93  | 14,21 | 9,30  | 10,20 | 14,07 | 10,81 | 12,71 | 10,91 | 6,84  | 19,14 | 9,80  | 1,52  | 8,23  | 2,92  | 8,65  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,93  | 6,13  | 4,42  | 3,55  | 6,21  | 4,26  | 4,66  | 5,95  | 5,89  | 1,99  | 4,18  | 0,96  | 0,70  | 1,48  | 5,35  | 3,27  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,88  | 2,41  | 1,41  | 1,00  | 2,17  | 1,49  | 1,54  | 1,76  | 1,34  | 1,59  | 0,87  | 1,86  | 3,91  | 1,16  | 0,54  | 0,72  |



| Nr. | Gestein                         | Mag-<br>ma | Ort                                     | Lagerung                   | Mineralzus.   | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | t                | Analytiker      |             |
|-----|---------------------------------|------------|---|----------------------------|---|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------------------|-----------------|-------------|
| 1   | Hornblendeandesit-<br>pechstein | III 6      | Rivier Sello, bei Tandjoeng             | —                          | —   | 63,88 | 14,09 | 22,03 | 6,81 | 2,35 | 23,8 | 61,2 | 15,0 | —                | J. J. Penneck   |             |
| 2   | Hornblendeangit-<br>andesit     | III 6      | Vulkan Merapi                           | —                          | And. Byt. Hy.<br>Aug. Ho.<br>(c:c = 10 <sup>0</sup> ) | 84,18 | 4,99  | 10,83 | 8,54 | 3,93 | 22,9 | 58,1 | 19,0 | —                | Hoppe           |             |
| 3   | Angitandesit                    | III 6      | Vulkan Merapi                           | f Asche vom<br>{ Dez. 1876 | —   | 54,56 | 36,22 | 9,22  | 5,83 | 1,98 | 20,6 | 64,7 | 14,7 | —                | Clausnitzer     |             |
| 4   | Angitandesit                    | IV a 7     | Rau Rau, Merapi                         | —                          | —   | 62,92 | 30,12 | 6,96  | 4,55 | 6,63 | 12,7 | 45,6 | 41,7 | —                | E. W. Morley    |             |
| 5   | Angitandesit-<br>pechstein      | III 6      | Sinaboe, Merapi                         | —                          | —   | 70,68 | 28,51 | 0,81  | 8,38 | 0,91 | 24,8 | 68,7 | 5,5  | —                | Clausnitzer     |             |
| 6   | Angitandesit                    | III 6      | Vulkan Merapi                           | —                          | —   | 56,72 | 32,82 | 0,46  | 5,75 | 2,68 | 21,1 | 60,6 | 18,3 | —                | Clausnitzer     |             |
| 7   | (Basalt) Trachydolerit          | III 3      | Vulkan Merapi                           | —                          | farb. Gemengt.<br>spärl. And. Lab.<br>Aug. Hy. Mt.    | 85,56 | 15,06 | —     | 0,62 | 6,20 | 8,99 | 14,0 | 44,0 | 42,0             | —               | Hoppe       |
| 8   | (Basalt) Trachydolerit          | III 3      | Rau Rau, Merapi                         | —                          | —   | 81,04 | 26,80 | —     | 7,84 | 7,71 | 4,84 | 17,6 | 58,8 | 23,6             | (Vgl.<br>Nr. 4) | Clausnitzer |
| 9   | (Basalt) Trachydolerit          | III 3      | Vulkan Merapi                           | —                          | Reich an dunkl.<br>Gemengt. Hy.<br>Aug. Plag. Bz.     | 78,92 | 28,92 | —     | 7,84 | 7,23 | 5,27 | 13,2 | 60,2 | 26,6             | —               | Hoppe       |
| 10  | Quarztrachytandesit             | II a 9     | Vulkan Singalang                        | —                          | —   | 56,26 | 15,38 | 28,36 | 3,58 | 7,10 | 22,8 | 28,6 | 48,6 | —                | K. Sillib       |             |
| 11  | Angitandesit                    | IV a 7     | Kotia Toea, Vulkan Singalang            | —                          | —   | 68,44 | 41,20 | 0,36  | 5,05 | 4,51 | 12,2 | 56,7 | 31,1 | —                | Clausnitzer     |             |
| 12  | Quarztrachytandesit             | I 9 2      | Vulkan Singarak                         | Pliozän                    | —   | 59,68 | 17,18 | 22,84 | 2,82 | 9,28 | 23,2 | 13,8 | 63,0 | —                | Kramers         |             |
| 13  | Loparitoisidit                  | I 8        | Rivier Bas, Djampang, Vulkan<br>Bongsoe | —                          | —   | 44,38 | 4,10  | 51,52 | 4,61 | 2,94 | 72,2 | 13,0 | 14,8 | —                | Kramers         |             |
| 14  | (Angitandesit) Albit-<br>rand   | IV a 7     | Panau Paoh, Vulkan Liman<br>Manies      | —                          | —   | 52,64 | 23,66 | 23,70 | 2,61 | 7,88 | 21,4 | 26,8 | 51,8 | —                | Kramers         |             |
| 15  | Angitandesit                    | I 9 2      | Grogog, Vulkan Tulang                   | —                          | —   | 51,87 | 20,03 | 27,30 | 3,46 | 8,14 | 47,5 | 8,3  | 41,2 | Albit,<br>falsch | Kramers         |             |
| 16  | Angitandesit                    | IV a 7     | Vulkan Pasar Albare                     | —                          | —   | 66,92 | 16,04 | 18,04 | 3,99 | 8,60 | 8,4  | 39,8 | 51,8 | —                | Kramers         |             |

Literatur: 1, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 16 R. D. M. Verbeek, Topographische en geologische Beschrijving van en gedoolte van Sumatras Westkust, Batavia 1883.  
 2, 7, 11, Hoppe, Über Andesite der Vulkane Sago, Merapi, Merindan und Kaba auf Sumatra. Inaug. Diss., Breslau 1903. 4. Washington II, S. 513, Nr. 254.  
 10 A. Merian, N. Jahrb. für Min. 1883, III 111, S. 349.



## Sumatra IV. Redjanggruppe, Kaba usw. Krakatau.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6      | 7      | 8                     | 9     | 10    | 11                          | 12                           | 13     | 14                    |
|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-----------------------|-------|-------|-----------------------------|------------------------------|--------|-----------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 63,9 | 55,5  | 55,7  | 49,81 | 48,30 | 47,60  | 45,47  | 68,51                 | 69,4  | 65,04 | 66,26                       | 60,13                        | 68,06  | 63,30                 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —    | —     | —     | —     | —     | —      | —      | 0,82                  | —     | 0,62  | 0,66                        | 1,10                         | 0,38   | 1,08                  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —    | —     | —     | —     | —     | —      | —      | —                     | —     | —     | —                           | —                            | —      | —                     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 17,8 | 20,5  | 19,5  | 14,39 | 25,35 | 32,40  | 17,63  | 15,96                 | 15,9  | 14,01 | 16,31                       | 17,41                        | 15,03  | 14,52                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 3,7  | 6,8   | 6,8   | 7,84  | 1,25  | 1,55   | 8,16   | 2,61                  | 1,2   | 4,47  | 3,38                        | 4,30                         | 0,28   | 5,82                  |
| FeO . . .                            | 0,4  | 0,6   | 0,8   | 2,65  | 5,43  | 3,30   | 2,25   | 1,09                  | 2,2   | 2,82  | 1,36                        | 1,68                         | 3,66   | 0,23                  |
| MnO . . .                            | —    | —     | —     | —     | 0,23  | 0,44   | —      | 0,28                  | —     | —     | 0,38                        | 0,40                         | Sp.    | —                     |
| MgO . . .                            | 1,4  | 4,2   | 3,7   | 1,68  | 2,70  | 2,70   | 8,27   | 1,07                  | 1,1   | 1,20  | 1,66                        | 2,27                         | 0,81   | 1,66                  |
| CaO . . .                            | 4,2  | 7,9   | 8,2   | 14,70 | 11,50 | 10,00  | 13,04  | 3,14                  | 3,4   | 3,34  | 2,88                        | 3,36                         | 2,71   | 4,00                  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,2  | 3,4   | 3,8   | 4,52  | 2,44  | 2,05   | 3,60   | 4,01                  | 4,2   | 4,23  | 4,11                        | 4,88                         | 4,25   | 5,14                  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 3,4  | 1,5   | 1,9   | 1,98  | 0,73  | 1,09   | 0,93   | 1,82                  | 2,3   | 0,97  | 2,23                        | 2,46                         | 3,41   | 1,43                  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,2  | 0,1   | 0,2   | 1,27  | 1,32  | 1,13   | 0,99   | —                     | 1,0   | 2,74  | —                           | —                            | 2,12   | 2,17                  |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —    | —     | —     | —     | —     | —      | —      | —                     | —     | —     | —                           | —                            | —      | —                     |
| Stonst. Best.                        | —    | —     | —     | —     | —     | —      | —      | Lösl. Salze<br>= 1,34 | —     | —     | CaSO <sub>4</sub> =<br>0,62 | CaSO <sub>4</sub> =<br>0,157 | —      | Lösl. Salze<br>= 0,82 |
| Sa. . . .                            | 99,2 | 100,5 | 100,2 | 98,75 | 99,25 | 101,88 | 100,34 | 100,65                | 100,7 | 99,44 | 99,85                       | 99,56                        | 100,71 | 100,17                |
| Spez. Gew.                           | —    | —     | —     | 2,771 | 2,580 | 2,819  | 2,732  | 2,329                 | —     | —     | 2,438                       | 2,607                        | —      | —                     |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 71,81 | 61,93 | 62,12 | 57,08 | 55,14 | 54,21 | 49,84 | 75,63 | 75,47 | 74,04 | 73,60 | 68,30 | 75,00 | —  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,66  | —     | 0,55  | 0,53  | 0,95  | 0,31  | —  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 11,77 | 13,46 | 12,80 | 9,70  | 17,02 | 21,71 | 11,37 | 10,33 | 10,18 | 9,36  | 10,67 | 11,66 | 9,75  | —  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,56  | 2,84  | 2,85  | 3,37  | 0,53  | 0,66  | 3,35  | 1,06  | 0,52  | 1,91  | 1,40  | 1,84  | 0,11  | —  |
| FeO . . .                            | 0,38  | 0,55  | 0,74  | 2,45  | 5,17  | 3,13  | 2,05  | 0,99  | 2,02  | 2,66  | 1,27  | 1,64  | 3,36  | —  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     | 0,22  | 0,42  | —     | 0,28  | —     | —     | 0,33  | 0,41  | —     | —  |
| MgO . . .                            | 2,36  | 7,03  | 6,20  | 2,89  | 4,62  | 4,61  | 13,60 | 1,79  | 1,82  | 2,05  | 2,80  | 3,89  | 1,34  | —  |
| CaO . . .                            | 5,06  | 9,45  | 9,80  | 18,05 | 14,07 | 12,21 | 15,32 | 3,70  | 3,98  | 4,10  | 3,47  | 4,09  | 3,20  | —  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,57  | 3,67  | 4,10  | 5,01  | 2,70  | 2,26  | 3,82  | 4,24  | 4,44  | 4,65  | 4,40  | 5,38  | 4,53  | —  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,44  | 1,07  | 1,35  | 1,45  | 0,53  | 0,79  | 0,65  | 1,32  | 1,57  | 0,68  | 1,53  | 1,84  | 2,40  | —  |



| Nr. | Gestein                | Mag-<br>ma | Ort  | Lagerung      | Mineralzus.                     | L  | M     | Q     | A     | C    | Or    | Ab   | An   | t    | Analytiker   |
|-----|------------------------|------------|--|---------------|---------------------------------|--|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|--------------|
| 1   | Augitandesit           | IVa 7      | Vulkan Kaba  | —             | —                               | 75,12                                    | 7,26  | 17,62 | 7,01  | 4,76 | 25,5  | 49,0 | 25,5 | —    | Hoppe.       |
| 2   | Grauer Augitandesit    | IVa 7      | Vulkan Kaba  | —             | { And.-Byt. Hy.<br>{ Augit, Euz | 72,80                                    | 18,91 | 8,29  | 4,74  | 8,72 | 12,0  | 40,2 | 47,8 | —    | Hoppe        |
| 3   | Schwarzer Augitandesit | IVa 7      | Vulkan Kaba  | —             | —                               | 73,00                                    | 20,89 | 6,11  | 5,45  | 7,35 | 15,2  | 44,5 | 40,3 | —    | Hoppe        |
| 4   | Basalt                 | IVa 5      | Vulkan Boekit Doea   | —             | —                               | 63,64                                    | 41,22 | —     | 4,86  | 6,46 | 3,42  | 18,5 | 61,7 | 19,8 | Clausnitzer  |
| 5   | Basalt                 | IVa 5      | Vulkan Atar  | —             | —                               | 81,00                                    | 20,58 | —     | 1,58  | 3,23 | 13,79 | 5,0  | 26,7 | 68,3 | Reuter       |
| 6   | Basalt                 | —          | Vulkan Koeliet Manies  | —             | —                               | Analyse Tonerde-<br>überschuss t = 6,45! |       | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —    | Reuter       |
| 7   | Basalt                 | IVa 5      | Vulkan Koeliet Manies  | —             | —                               | 63,36                                    | 49,44 | —     | 12,80 | 4,47 | 6,90  | 8,8  | 47,5 | 43,7 | Reuter       |
| 8   | Andesitbimsstein       | IVa 9      | Vulkan Krakatau  | Eruption 1883 | —                               | 60,35                                    | 6,19  | 33,46 | 5,56  | 4,77 | 17,6  | 56,7 | 25,7 | 1,07 | C. Winkler   |
| 9   | Andesitbimsstein       | IVa 9      | Vulkan Krakatau  | Eruption 1883 | —                               | 64,19                                    | 7,68  | 28,13 | 6,01  | 4,17 | 20,0  | 55,0 | 25,0 | 0,19 | T. H. Waller |
| 10  | Andesitfische          | IVa 9      | Vulkan Krakatau  | Eruption 1883 | —                               | 58,76                                    | 9,46  | 31,78 | 5,33  | 4,03 | 9,4   | 63,5 | 27,1 | —    | A. Renard    |
| 11  | Andesitfische          | IVa 9      | Vulkan Krakatau  | Eruption 1883 | —                               | 62,59                                    | 8,93  | 28,48 | 5,93  | 4,74 | 19,7  | 57,9 | 22,4 | 1,27 | C. Winkler   |
| 12  | Andesitfische          | IVa 7      | Vulkan Krakatau  | Eruption 1883 | —                               | 74,47                                    | 12,08 | 13,45 | 7,22  | 4,44 | 19,6  | 58,7 | 21,7 | 0,35 | C. Winkler   |
| 13  | Andesitfische          | IVa 7      | Vom Bremer Schiff „Barba-<br>rossa“ in 1 Grad 41 Min. s. B.<br>93 Grad 15 Min. ö. L. gesammelt | Eruption 1883 | —                               | 66,72                                    | 10,16 | 23,12 | 6,93  | 2,82 | 28,9  | 54,2 | 16,9 | —    | A. Schwager  |
| 14  | Andesitfische          | —          | In Batavia gesammelt   | Eruption 1883 | —                               | —  | —     | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —    | A. Renard    |

Literatur: 1.—3. H. Hoppe, Über die Andesite der Vulkane Sago, Merapi, Manindjau und Kaba auf Sumatra. Inaug.-Diss., Breslau 1903. 4.—7. R. D. M. Verbeek, Topographische en geologische Beschrijving van en gedeelte van Sumatras Westkust. Batavia 1883. 8. 11. 12. R. D. M. Verbeek, Krakatau 1884. S. 292. 9. J. W. Judd, Rep. Erupt. Krakatau, R. Soc. 1888. S. 38. 10. 14. R. D. M. Verbeek, Krakatau, Französis. Ausg. 1895. S. 320. 11. C. Oebbecke, N. Jahrb. f. Min. 1884. II, S. 33.



## Java.

Der Vulkangürtel tritt nunmehr auf die Insel Java über. Für den Vulkanismus der Insel Java kommen vor allem die beiden Standardwerke von Junghuhn und Verbeek in Frage. Die javanischen Vulkane gehören, mit wenigen Ausnahmen, die besonders zu betrachten sind, der pazifischen Magmazone an.

Die vulkanische Tätigkeit hat auf der Insel frühzeitig begonnen. Kretazäische Diabase und Gabbros kommen an einigen Stellen zum Vorschein. Eine grössere Rolle spielen die vulkanischen Produkte in der älteren Tertiärzeit (Eozän—Oligozän). Wie ein Blick auf die geologische Karte von Verbeek lehrt, ist der Untergrund der Insel von jungtertiären und quartären Sedimenten und den Produkten des jüngsten Vulkanismus so stark verhüllt, dass es misslich erscheint, aus den unvollständigen Aufschlüssen alttertiärer Vulkane Gesetzmässigkeiten ihres Auftretens abzuleiten. Der jungtertiäre und jüngere Vulkanismus lässt in seiner Entwicklung zwei Maxima deutlich erkennen. Die Magmen haben sich dabei während der ganzen Zeit kaum geändert. Das erste Maximum fällt in den Anfang des Miozän. Während der Ablagerung der jungtertiären Etagen  $m_1$  und  $m_2$  tritt eine allmähliche Abschwächung ein. Die Kalkstufe  $m_3$  ist völlig frei von vulkanischen Erscheinungen. Am Schluss der Tertiärzeit, also gegen Ende Pliozän und vor allem im Pleistozän setzt das zweite Maximum ein. Von seinem Beginn datiert der Jungvulkanismus, der im folgenden uns eingehender beschäftigen wird.

Verbeek, der wohl als bester Kenner der Insel gelten kann, wies darauf hin, dass die Vulkane im allgemeinen der Längsachse der Insel folgen. Er nahm Längs- und Transversalspalten an, über welchen die Vulkanessen verteilt sein sollten. Letztere verlaufen nordsüdlich, gegen Westen und Osten abweichend. Diese Spalten sind aber nur konstruktive Gebilde, gewonnen aus der Verbindungslinie der alten Kalderen. Ihnen liegt die Vorstellung zugrunde, dass Vulkanessen stets an Spalten oder Verwerfungen geknüpft sein müssen, obschon sich Verbeek bereits selbst darüber klar war, dass Dislokationen nicht immer nachzuweisen sind und häufig genug keine Essen tragen, wo sie offenkundig zutage treten. Die jüngeren Ausbruchszentren benutzen nicht selten alte Bahnen. Häufig tritt eine Verlegung ein und zwar gewöhnlich längs der Transversalrichtungen. Der alte Vulkan Penoesoepan z. B. liegt auf der Längsspalte, der jüngere Slamats ist auf einer Transversalspalte gegen Nordosten herausgerückt. Der Ajek-Ajekkrater gehört der Längsspalte an, der junge noch aktive Smeroe ist gegen Südsüdwesten verschoben. Die Konstruktion der Vulkanspalten aus der Verbindung der Essen miteinander ist daher z. T. willkürlich. Trotzdem müssen die Vulkane der besseren Übersicht halber zu



grösseren Einheiten zusammengefasst werden. Die Erfahrungen in anderen asiatischen Randgebieten haben gelehrt, dass der pazifische Vulkanismus ein fremdes, randliches Element ist, welches in seinem zonenförmigen Verlauf durch die ozeanischen Abbrüche im groben bestimmt wird. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, gewinnt man eine etwas andere Gruppierung der Jungvulkane.

Von Sumatra kommend, gehört die Danoegruppe mit dem Salak Gedé der Krakatauzone an, die man bis zum kleinen Vulkan Dago verlängern kann.

Die javanischen Vulkane lassen eine Zweiteilung erkennen in:

1. den westjavanischen Vulkanbogen und
2. den ostjavanischen Vulkanbogen.

Beide Bögen nehmen einen sehr flach gekrümmten Verlauf und stehen in Flankenkettung zueinander.

Der westjavanische Bogen besteht aus vier parallelen Zonen, die durch Verlegung der Ausbruchspunkte ineinander verschwimmen und eine breite Zone erzeugen. Die Zonen konvergieren gegen den Penoesoeapan-Slamat in Mitteljava. Im Prahoe ist die Kettungsstelle mit dem ostjavanischen Bogen erreicht. Übergreifend führt der Bogen zum Vulkan Oenagan.

Die Unterzonen sollen nach den bekanntesten Vulkanen benannt werden. Es werden unterschieden von Norden nach Süden:

1. Tangkoeban-Prahoebogen,
2. Goentoerbogen,
3. Galoengoengbogen,
4. Papandajanbogen.

Der ostjavanische Bogen ist durchgreifend, er tritt mit einer Anzahl in sich geschlossener Massive auf. Die Verlegung der Ausbruchszentren verbreitert auch diese Zone nicht unwesentlich.

Zur Sundagruppe gehören:

Die Danoevulkangruppe setzt die Vulkanzone Sumatras fort. Die nordwestliche Spitze Javas, welche im Kap St. Nicolas ausläuft, trägt den erloschenen Vulkan Salak Gedé 595 m. Seine Kaldera mit dem Radius 1,25 km ist nach Norden hufeisenförmig geöffnet. Die Gesteine sind hornblende- und olivinführende Andesite.

Auf einer quartären Ebene erhebt sich Toekoeng 740 m. Der Pyroxenandesitvulkan ist gleichfalls eine Ruine. Zur Danoegruppe gehören ferner Tempoh-Malang 603 m, Batoe Pisàn 380 m, Ascupan 1160 m, Poelosari 1346 m (solfatarisch tätig), der kleine Basaltvulkan Pinang 260 m, Marikangen 490 m und Karang (Kalang) 1778 m. Karang ist der höchste Vulkan der Landschaft Bantam, er ist ein Somnavulkan mit exzentrischem Zentralkegel; er befindet sich im Solfatarenzustand. Seine Gesteine sind Pyroxenandesite bzw. Basalte.



Parakasak 990 m ist ein Gipfel mit zwei Kratern. Am Nordwestfuss des Karang liegt der kesselförmige Sumpf Danoe 720 m. Er besteht eigentlich aus vier Kalderen, die sich von Osten nach Westen aneinanderreihen, mit den Radien 7,9, 4,2, 3,06 und 1,5 km. Obsidiane und Bimssteine wechsellagern mit Andesiten und Basalten. Verbeek spricht die weissen quartären Tuffe von Bantam und Batavia als submarine Tuffe dieser erloschenen diluvialen Vulkane an. Danoe ist noch solfatarisch tätig. Der kleine Basaltvulkan Dago 187 m liegt auf der quartären Ebene nördlich von dem Hauptzug.

#### X. Die westjavanische Vulkanzone.

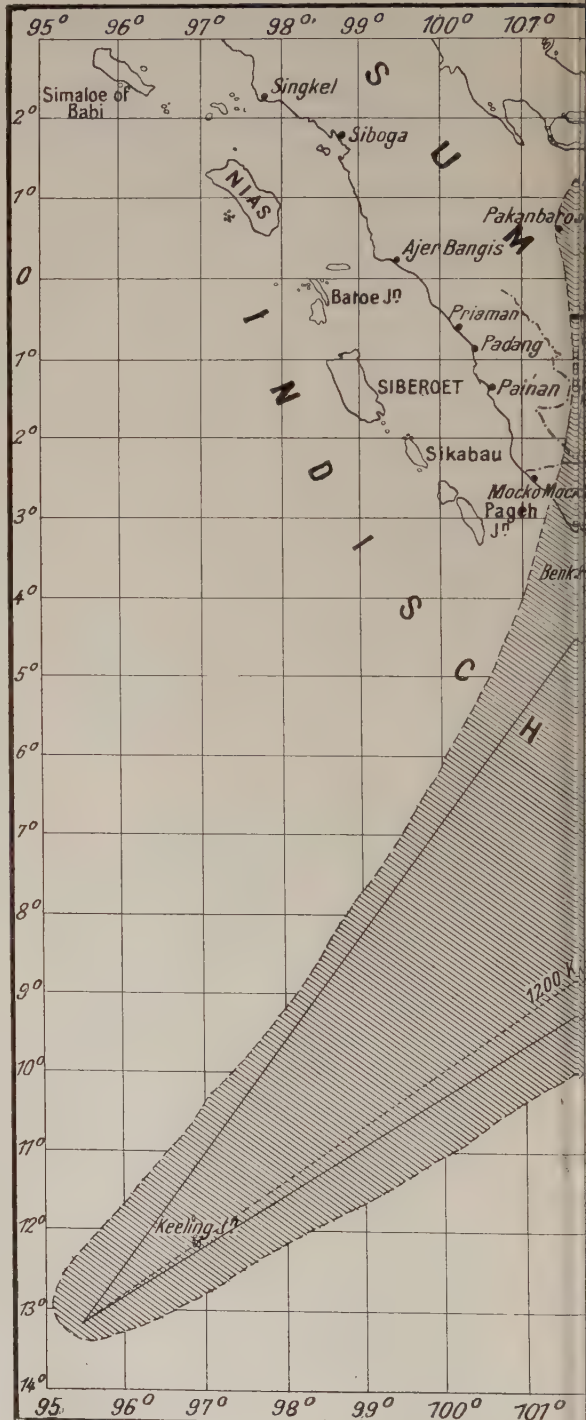
Die westjavanische Vulkanzone lässt sich weiter in Teilbögen gliedern.

##### 1. Der Tangkoebanprahoebogen.

Eine Reihe tätiger Vulkane trägt dieser Bogen. Der Bogen beginnt mit dem Gagak 1500 m, einem hufeisenförmigen Krater mit 1 km Radius. Kiara beres 1400 m hat Obsidianströme und Bimsstein geliefert. Halimoen (Gg. Alimun) 1744 m besitzt eine Kaldera mit 2,25 km Radius. Pyroxenandesite mit Olivin sind seine Gesteine.

Erloschen sind ferner Endoet 1475 m und Perbakti 1669 m.

Südwestlich von Buitenzorg erhebt sich der grosse Vulkan Salak 2211 m mit zwei Kratern, die



Karte der Aschenverbreitung





atausausbruchs nach Verloek.

sich im Kulminationspunkt, Gg. Gadia 2211 m, schneiden. Der Berg zeigt nur Fumarolen- und Solfatarentätigkeit. Die Nachrichten von Ausbrüchen beruhen nach den kritischen Untersuchungen von Wichmann auf Verwechslungen mit dem Gedé oder mit Bergschlipfen infolge Erdbeben. Lemo 1880 m ist alt.

In dem besprochenen Abschnitt Javas steigt die vulkanische Intensität höchstens bis zum solfatarischen Zustand. Den ultravulcanischen oder vulcanianischen Grad erreicht sie erst in dem gewaltigen Vulkanmassiv des Pangrango-Gedé, einem Zwillingsvulkan. Die alte Kaldera des Pangrango besitzt einen Durchmesser von 3,3 km, sie ist durch einen tiefen Barranco aufgerissen. Auf dem östlichen Krater rand reitet der jüngere Kegel, der Mandalawangui 3019 m. Dieser Vulkan ist von Pyroxenandesit aufgebaut. Die tätige Esse ist der Gedé 2958 m mit zwei Kratern von 0,86 und 0,5 km Radius. Der nördliche ist der jüngere. Der Gedé hat Lavaströme geliefert, aber wohl nicht mehr in historischer Zeit. Ausbrüche werden registriert 1747, 1748, 1761; nach einer 71jährigen Ruhepause trat am 29. Aug. 1832 eine grössere Ascheneruption ein, die mit einer absteigenden Glutwolke anscheinend verbunden war; Nov. und Dez. 1840; 28. Juli 1843; 23. Jan. und 5. März 1845; 17. bis 18. Okt. 1847; 28. Mai 1852; 14. März 1853; Aug. und Sept. 1870; Febr. 1885; Jan., Febr. und 29. Juni



1886; 22. Okt. 1887; März, Mai und Dez. 1888; Mai 1889; 1900; 2. Mai 1909.

Der Fuss des Gedé besteht aus Basalt, die Flanken vorwiegend aus Pyroxenandesit.

Es folgt als nächster Vulkan der Tangkoeban prahoe—Boerangrang. Eine gemeinsame Kaldera von 10,4 km Durchmesser, deren Ränder im Norden bis 1880 m, im Süden bis 1303 m ansteigen, und die aus Hornblendeproxenandesiten besteht, umschliesst den Doppelvulkan. Der Tangkoeban prahoe 2075 m ist ein Kegel mit grossem Krater von 2,35 km Durchmesser. In diesen Krater sind drei weitere kleinere Krater eingeschachtelt.

Im Südwesten liegt der kleinste mit 270 m Radius und dem Kraterboden in 2005 m Höhe. Der mittlere Krater Kawah Oepas hat einen Radius von 600 m und einen Wall von 300 m Höhe, sein Boden liegt in 1725 m Höhe. Der dritte östliche Kraterkegel Kawah Ratoe liegt auf einem bis 1880 m ansteigenden Kegel. Sein Radius ist 350 m, sein Kraterboden liegt in 1650 m Höhe. Ein vierter Ausbruchspunkt Kawah Dimas liegt in der Verbindungslinie der drei anderen im Osten auf der Sommaflanke.

Oepas und Ratoe sind solfatarisch tätig. Brun bestimmte 1908 die Phase zu 100°. Ausbrüche sind vermerkt: 4. April 1829; 27. Mai 1846; (explosiver Ausbruch aus dem Ratoekegel mit Schlammstrom); 22. Mai 1896 aus dem Oepaskrater; 7. April 1910; 1913 erhöhte Tätigkeit.

Der zweite westliche Hauptkegel ist der Boerangrang 2063 m. Der schräg abgestumpfte Kegel hat einen Krater von 2,4 km Durchmesser. Gegen Nordwesten klappt eine 400 m und 1900 m breite Spalte. Im Westen des Kraters erhebt sich ein kleiner Kegel Guëdegon II 1920 m. Die Laven sind Pyroxenandesite und Basalte.

Es folgt nun eine grosse Zahl erloschener Berge:

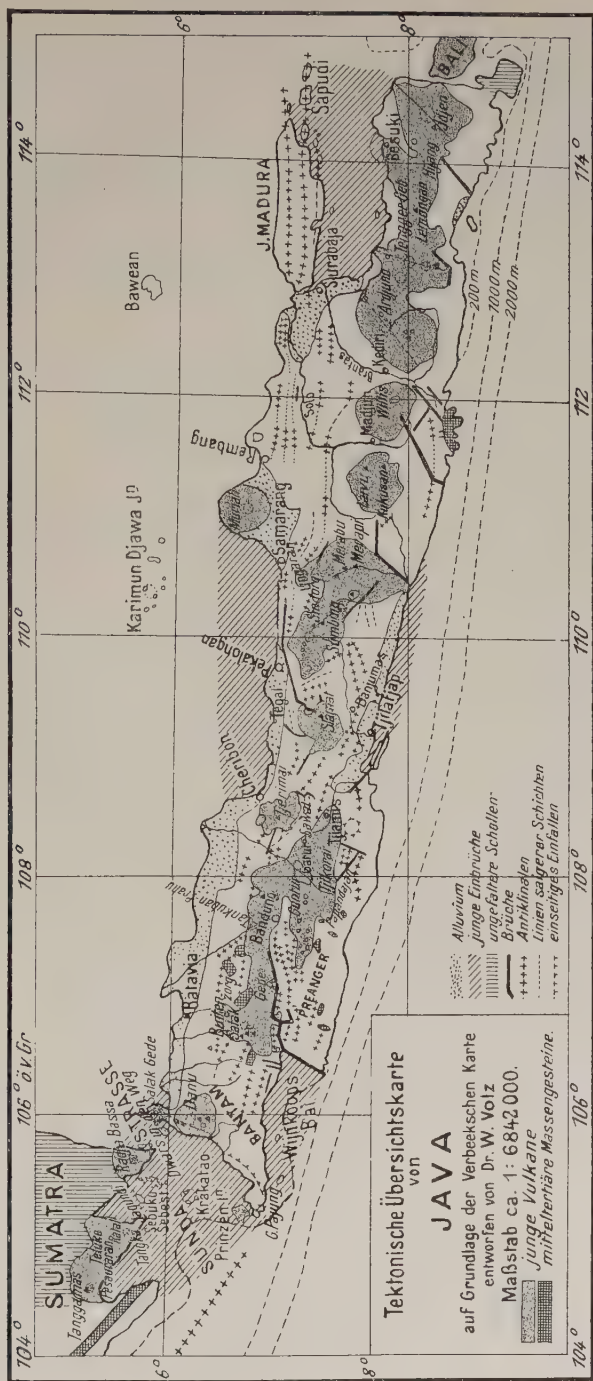
Linkoeng 1620 m, Toenggoel 2208 m, eine alte Kaldera am Nordrande der Ebene von Bandoeng, Tiagat Kadaga 1610 m, Darian 1281 m, Manglaiang 1812 m, der basaltische, solfatarisch tätige Tampomas 1683 m, Soediplak 870 m, das Simpaimassiv 1620 m, Kareumbi 1682 m, Mësinguit 1440 m.

Erst die ausserordentlich regelmässige Konide des Tjerimai 3077 m ist wieder tätig. Der elliptische Krater ist klein und gewöhnlich solfatarisch tätig. Ausbrüche sind aus den Jahren 1772, 11./12. Aug., und 1805 bekannt.

Ein in seinem Anfangsstadium steckengebliebener Vulkan ist der kleine basaltische Vulkan von Cheribon. In einer hufeisenförmigen Kaldera von 1,3 km Radius steht ein kleiner exzentrischer Kegel von 100 m. Der äussere Wall steigt 160 m an. Der Unterbau ist submarin.



Abb. 18.





## 2. Der Goentoerbogen.

Als eine südliche Parallelzone zu dem vorigen Bogen setzt der Goentoerbogen ein. Zunächst sind die Vulkane erloschen.

Këndëng Loehoe 1887 m, Mësinguit-Pataroeman 2078 m bzw. 2050 m, Tëlaga Patenggang 1870 m, Powek 1624 m, Tambak roeioeng 1990 m, Tiloe 2040 m, Bouloet-Tandiaknangsi 1332 m, Malabas 2343 m und Rakoetak 1940 m sind die Hauptausbruchspunkte. Es sind meist Kalderenberge. Ihre Gesteine sind Hornblendeaugitandesite, Augitandesite mit oder ohne Olivin.

Der Danoe tjiharoës 1860 m ist ein Berg mit zwei grossen Kalderen. Die erste hat einen Radius von 1,9 km und zeigt noch Spuren von Solfatarentätigkeit.

Der kleinere Krater mit einem Radius von 1,3 km ist mit dem Sumpf Danoe tjiharoës erfüllt.

Einer der bekanntesten Vulkane Javas ist der Goentoer 2248 m (höchste Spitze des Sommarandes Mësinguit 2248 m). Der Gipfelkrater ist ein grosser Zirkus mit 1,9 km Radius.

Verbeek zählte 15 kleinere Ausbruchspunkte.

Der Goentoer nimmt unter den javanischen Vulkanen insofern eine Sonderstellung ein, als er wiederholt regelrechte Lavaströme geliefert hat. Der letzte floss im Jahre 1840 aus. Volz schildert ihn folgendermassen: Von dem Eruptionskegel verläuft eine von zwei steilen Dämmen gebildete Lavarinne und mündet in ein breites, in zwei Äste gegabeltes Lavafeld. Die Rinne sind die Reste eines Lavasackes, dessen Oberfläche eingebrochen ist. Lavaströme beteiligen sich an dem Aufbau des Kegels nur in untergeordnetem Maassstab, sie tragen zur Vergrösserung des Vulkansockels bei.

Die Ausbrüche des Goentoer sind gleichfalls der Hauptsache nach explosiver Natur, sie werden aus den Jahren registriert:

1800 mit grossem Lavastrom; 3.—4. April 1803; 1.—6. Sept. 1807; 9. Mai 1809; 15. Aug. 1815; 21. Sept. 1816; 21.—24. Okt. 1818; 1819; 1820; 14. Juni 1825; 13. Mai 1827; 15. Mai und 8. Juli 1828; 1829; 19. Jan. und 8. Aug. 1832; 1. Sept. 1833; Dez. 1834; Jan. 1835; 20. bis 24. Mai 1840 Lavaausbruch; 14. Nov. 1841; 4. Jan. 1843; dieser Ausbruch trieb die Asche bis in 3000 m Höhe und lieferte nach Sapper  $7,8 \cdot 10^6$  cbm Lockerprodukte, die ein Areal von 190000 qkm bedeckten. 25. Nov. 1843; 16. und 27./28. Okt. 1847. Der gegenwärtige Zustand geht über das solfatarische Stadium nicht hinaus.

Im Goentoer ist die vulkanische Intensität des Bogenabschnittes konzentriert, die weiteren Vulkane sind erloschen.

Es sind zu nennen:



Pangradinan mit einer 4,1 km im Durchmesser grossen Kaldera und einem zweiten Ausbruchspunkt G. g. Malang im Süden, Radius seines Kraters 1,03 km. Der jüngste Ausbruchspunkt ist der G. Mandalwangai 1650 m, der Kraterrand mit 0,78 km Radius ist eingebrochen. Pyroxenandesite sind die herrschenden Gesteine.

Haroemön 1217 m, Kalendong 1248 m, Pipisan, Tiakra-boewana 1720 m, Sedakeling 1675 m, Poetri besitzen Gesteine, die auf der Grenze Pyroxenandesit zu Basalt stehen.

### 3. Galoengoengbogen.

Das nächste Bogenstück gegen Süden ist das nach dem grössten Vulkan benannte Galoengoengbogensegment.

Patoeha 2433 m mit dem grossen Krater von 1,75 km Durchmesser besitzt auf seinem Nordostrande zwei kleinere Ausbruchspunkte Patoeha und Paseuneuan, letzterer mit dem Solfatarenfeld Kawah poetih. Fumarolen finden sich noch auf der West- und Südflanke der alten Kaldera.

Kendeng Patoeha (Vulkan Tjiwidéi) 2192 m. Dieser Berg hat zwei Kalderen. Die östliche mit dem Walang und Wëirang besitzt einen Radius von 0,85 km. Auf dem Nordwestrande reitet der Poantiak Walang 2177 m, die westliche Kaldera hat nur einen Radius von 0,5 km, ihr Rand kulminiert im Ouroag 2192 m. Zwischen beiden liegt das Solfatarenfeld Kawah Tjiwidéi.

Kendeng-Waringuin 2139 m ist eine Vulkanruine aus Pyroxenandesit.

Wajang-Windoe 2181 m ist eine grosse alte Kaldera von 6,2 km Durchmesser. Auf ihrem Rande erheben sich die beiden Eruptionskegel Wajang 2181 m und Windoe 2110 m, welche beide noch Fumarolen und Solfatarentätigkeit zeigen.

Kendeng (mit dem Kawah Manoek) 2608 m ist eine grosse Kaldera von 5,6 km Durchmesser mit dem Solfatarenfeld Kawa Manoek. Bemerkenswert sind die liparitischen Obsidiane (Java I, Nr. 3).

Kratjak 1838 m ist erloschen.

Der Hauptvulkan ist der Galoengoeng 2240 m, ein gewaltiges, tätiges Massiv. Drei Krater liegen von Norden nach Süden aneinandergereiht. Der Galoengoengkrater, Rand bis 1623 m ansteigend, der Telagabodasrand 2200 m, und der Boengboelang 1760 m. Diese drei Kalderen haben sich zuerst gebildet. Zehn jüngere Eruptionspunkte entstanden in den Kalderen oder sitzen auf ihren Rändern auf.

In der Galoengoengkaldera liegt der Kessel des eigentlichen Galoengoeng. Senkrechte Wände umgeben den Boden, der in 1140—1150 m Höhe



sich befindet. Das gegenwärtige Zentrum ist der Goenoeng Warirang, ein Eruptionspunkt 3. Ordnung.

Gegen Nordwesten folgt ein zweiter Kessel Siteo Growong und der dritte Beusi Tianar mit einem weiteren Krater im Südosten.

Innerhalb der Telagabodassomma erhebt sich südlich vom Telagabodassee ein Eruptionspunkt von 1840—1880 m Höhe, an seinem Fuss dehnt sich die Sandebene Kawah Saaet in 1815 m Höhe mit Fumarolen aus, dann der Telagabodaskegel 1720 m. Nordöstlich von ihm finden sich bei Padiangalan Solfataren.

In der dritten Somma Boengboelang liegt der Melangzirkus 1810 m mit 600 m Radius. Ein zweiter Ausbruchspunkt, der bis in die jüngste Zeit hinein tätig war, findet sich in der Ebene Telaga Saaet 1665 m. Der kleine Krater ist nur 15 m hoch und besitzt einen Durchmesser von 200 m. Ein dritter, junger Ausbruchspunkt ist der Singkoeb 1462 m und endlich im Norden der Malangzirkus der Tiandra merta 1840 m.

Die Entwicklungsgeschichte des Massivs ist in kurzen Zügen die folgende: In dem ersten Abschnitt erfolgte die Bildung der drei grossen Kalderen. Die Galoengoengkaldera mit ihrem Pitkrater muss am Ende dieser Periode einen Lavasee besessen haben, der dann gegen Südosten ausbrach. Eine längere Ruhepause trat ein, die Sommaränder wurden von der Erosion angenagt.

Im zweiten Abschnitt erfolgte die Bildung der Ausbruchspunkte 2. Ordnung. Der Galoengoeng Pitkrater wurde in derselben Richtung wie seine Somma aufgerissen. Der Barranco blieb dann die bevorzugte Bahn von Lavaströmen, Schlammströmen usw.

Dem dritten Abschnitt war die Bildung der Eruptionspunkte 3. Ordnung wie Warirang, Telagabodas u. a. vorbehalten.

Der Galoengoeng hat zwei Ausbrüche von ultravulcanianischem Typus erlebt. Am 8. Okt. 1822 1 $\frac{1}{2}$ —5 Uhr nachmittags schleuderte der Warirangkrater vulkanischen Sand, Wasser und Schlamm aus, ein Wasserausbruch, wie ihn Sapper von mittelamerikanischen Vulkanen beschrieben hat. Ein Schlammstrom (Lahar) richtete grosse Verwüstungen an. Am 12. Oktober 1822 wiederholte sich die Explosion. Der Kegel wurde erniedrigt. Die zweite Eruption am 18./19. Okt. 1894 trug denselben ultravulcanianischen Charakter, sie ging wieder vom Warirangkrater aus. Nur altes Material wurde ausgeworfen, 22 · 10<sup>6</sup> cbm nach Fennemas Schätzung. Die Asche wurde 350 km nach Westen geweht, das Aschenareal bedeckte 25 660 qkm.

Im Juli und August wölbte sich im Galoengoengkrater nach Escher eine Staukuppe (Tholoide) bis zu einer Höhe von ungefähr 150 m über dem Kraterboden, der in einer Meereshöhe von 1108 m lag, auf.



Basalte und Pyroxenandesite sind die herrschenden Gesteine des Massivs.

Der erloschene Sawel 1763 m mit einer Kaldera von 1,8 km Radius ist endlich noch zu diesem Abschnitt zu zählen.

#### 4. Papandajanbogen.

Weiter gegen Süden folgt als paralleles Bogenstück der Papandajanbogen mit den beiden grossen Vulkanen Papandajan 2621 m und Slamet 3472 m.

Der alte Basaltvulkan Siteo tjirompang 2182 m kann diesem Bogen zugezählt werden.

Der Papandajan ist ein grosser Somnavulkan mit einem Durchmesser von 3,2 km. Die Sommaränder sind nur im Südwesten erhalten und steigen bis 2621 m an. In dieser grossen Kaldera trifft man vier jüngere Ausbruchspunkte, einen fünften, den Goenoeng Poetang 2510 m, auf dem äusseren Nordhang an.

Nahe dem Südrand ist innerhalb der grossen Kaldera der Zirkus des Tëgal mit 700 m Radius eingesprengt. Der Rand steigt bis 2510 m an. Auf seinem Nordrand reiten zwei konzentrisch ineinandergeschachtelte Krater von 400 und 230 m Radius, die gegen Norden offen sind. Der äussere Rand kulminiert in 2560 m, der innere in 2510 m Meereshöhe, der tiefste Boden liegt in 2330 m.

Der eigentliche Krater des Papadajan aber liegt am nordöstlichen Rande der Somma. Sein Radius ist 650 m. In den Solfataren von Kawah Mas liegt das aktive Zentrum, in welchem Brun 1908 die höchste Temperatur von 280° maß.

In der Nacht vom 11./12. Aug. 1772 erlebte der Vulkan einen gewaltigen Ausbruch, der die Gestalt des Berges wesentlich veränderte. Verbeek vergleicht diese Eruption mit der des Smeroe von 1885 und deutet sie in folgender Weise:

Explosionen leiteten den Vorgang ein. Flüssige Lava stieg im Schlot hoch. Ehe sie den Kraterrand erreichte, gab die Nordflanke des Berges nach, die Lava brach durch, eine gewaltige Schuttlawine glitt zu Tal. Die Trümmernmassen schätzt er zu 1 cbkm.

Seit dieser Flankeneruption ist die Tätigkeit eine solfatarische.

Eine weitere Eigentümlichkeit sind die Miniaturlavaströme aus dem Fumarolen- und Solfatarenfeld. Sie wurden von Volz (N. J. B. B. 20, 1905, S. 123—132) und von Sapper (C. B. f. Min. 1909, S. 609—615) beschrieben. Den kleinsten maß Sapper zu 6 m lang,  $\frac{1}{2}$  m breit und 6 cm dick, Volumen 0,18 cbm. Sie sind dünnflüssig wie Blei und den Kraterchen unmittelbar entflossen und stellen vielleicht einen Übergang vom Lavastrom zum Auswürfling dar.



Die Phase des Ausbruchs muss also den strombolianischen Grad erreicht haben und endete mit einer Flankeneruption. Die Laven sind Pyroxenandesit und Basalt.

Dieser Bogen ist nunmehr die einzige Vulkanzone in Mitteljava.

Tjikoerai 2820 m ist erloschen, Penoesoepan desgleichen.

Es folgt nun der zweithöchste Berg Javas, der Slammat 3472 m, ein sehr regelmässiger Kegel mit hufeisenförmigem Gipfelkrater von 360 m Radius. In diesen Krater ist ein zweiter kleinerer Krater von 280 m Durchmesser eingesenkt, das aktive Zentrum des Vulkans.

Der Slammat erlebte gleichzeitig mit dem Tjerimai und Papandajan 1772 einen Ausbruch. Weitere Ausbrüche werden gezählt:

Okt. 1825; Sept. 1835; 1. Dez. 1849; 19. März bis 10. April 1860; 29. Mai, 4. Nov. und 19. Dez. 1875; 21. bis 30. März 1885; Aug. 1890; 14. Juli bis 2. Aug. 1904. Die Slammatgesteine sind Basalte.

Der Slammat liegt etwa in der Kettungsstelle des westjavanischen und ostjavanischen Bogens. Daher ist in ihm die Intensität besonders gross. Oengaran 2050 m jenseits dieser Stelle soll noch zum westjavanischen Bogen gerechnet werden.

Um ein Maß für die gegenwärtige vulkanische Intensität der westjavanischen Vulkane zu gewinnen, wurden unter den 66 gezählten vulkanischen Einheiten 12 tätige Ausbruchsstellen = 19 Prozent gezählt. Darunter erreichten 8 Proz. höchstens den solfatarischen Grad, bei 5 Proz. stieg in historischer Zeit die Phase bis zur ultravulcanianischen, bei 3 Proz. bis zur vulcanianischen und endlich bei 3 Proz. bis zur strombolianischen mit gelegentlichem Lavaausfluss. Die Einengung und der Rückgang gegenüber der diluvialen Tätigkeit sind bereits weit fortgeschritten.

Verglichen mit Sumatra mit seinen 10 Proz. tätigen Vulkanen ist die Einengung jedoch weniger weit vorgerückt.

## XI. Der ostjavanische Bogen.

Der ostjavanische Bogen trägt einen geschlosseneren Charakter. Es hat den Anschein, als wenn gegen Süden eine Verdoppelung der Zone eintritt.

Der Bogen beginnt mit einer Anzahl nicht tätiger Vulkane wie Beser II; Bromo (nicht zu verwechseln mit dem Bromo im Tenggergebiet), Sikoetjing, Rogodiambangan 2175 m, Karang Kobas, Kendeng (Kandang), Boetak (Batoek) 2222 m. Prahoe 2565 m besitzt eine alte Kaldera von 8 km Durchmesser mit einer grösseren Zahl jüngerer Ausbruchspunkte. Seine Tätigkeit beschränkt sich auf den solfatarischen Zustand. Neben normalen Pyroxenandesiten trifft man biotitführende Andesite an. Diese vulkanischen Einheiten bilden das Dienggebirge.



Junghuhn führt einen Ausbruch vom Jahre 1786 auf den Boetak zurück. Der Goenoeng Pakuodjo im Dienggebirge hat gleichzeitig mit dem Keloet nach Junghuhn 11.—15. Okt. 1826 einen beträchtlichen Aschenausbruch gehabt. Den Aschenfall in der Regentschaft Kendal vom 4. Okt. 1847, 8 Uhr vormittags führt Sapper auf das Dienggebirge zurück.

Zu nennen ist ferner der Tëlërep.

Der nächste grössere tätige Vulkan ist der Sëndoro (Sindoro) 3145 m, ein sehr regelmässiger Kegel mit kleinem Gipfelkrater von 200 m Radius, mit schwacher Solfatarentätigkeit. Auf seiner Westflanke liegt ein junger Eruptionspunkt Goenoeng Këmbang.

Ausbrüche des Sëndoro werden aus den Jahren 1818; 1.—3. April 1882 aus dem Këmbangkrater und endlich aus dem Jahre 1903 17.—20. Okt. gemeldet. Dieser letzte Ausbruch veränderte die Gipfelregion des Berges. Der explosive Ausbruch erfolgte aus zwei Kratern, von denen der nördliche 160 m, der südliche 80 m tief waren. Okt. 1906, 10. Febr. 1908 und Jan. 1910 war die Tätigkeit erhöht.

Vom Soembing 3336 m sind historische Ausbrüche nicht bekannt, dagegen ist in dem kreisrunden Krater von 0,5 km Radius Solfatarentätigkeit zu vermerken. Beser I ist eine alte Kaldera mit Hornblende-pyroxenandesiten. Es folgt nun einer der bekanntesten Vulkane Javas der Merapi 2875 m.

Der Merapi ist ein aus Lockerprodukten aufgebauter gewaltiger Kegel, der in einen kreisrunden Krater ausläuft. Nach Verbeeks Beschreibung besitzt der Gipfelkrater einen Radius von 770 m, ein zweiter elliptischer Krater mit den Dimensionen 600:480 m ist in den ersten eingesenkt. Er bildet das aktive Zentrum. Die zahlreichen Ausbrüche des Berges haben aber häufig die Konfiguration des Kraters geändert. Lavapropfen wurden über der Schlotmündung aufgestaut, Kegel bildeten sich aus losen Lavablöcken, die den Hang herabrollten oder durch Explosionen wieder beseitigt wurden. Lavaströme sind öfters gefördert worden. Schlammströme aber haben weit mehr als jene Verheerungen angerichtet.

Nach Sapper sind folgende Ausbrüche des Merapi verbürgt:

1664?; 19. Aug. 1678; 17. Juli 1786; 27.—31. Okt. 1822 Schlammströme wurden besonders verhängnisvoll; 25. Okt. 1832 Aschenausbruch mit Lavastrom nach Westnordwest; 4. Okt. 1833; 10. Aug. 1837 mit Lavaerguss; 1./2. Sept. 1846 ein starker Aschenausbruch, Lava nach Ost-südost, auch Schlammströme; 23. Sept. 1847 Lava; 19. Jan. 1848; 14., 15. Sept. 1849 ein verheerender Aschenausbruch; Sept. und Nov. 1854; 24. Okt. bis Nov. 1865, im Anschluss daran die Bildung einer Staukuppe bis 200 m; Mai bis Juni 1869 Lava im Westen; 5. Juni 1869; 25. April 1872 starker Ausbruch mit Staukuppenbildung; 20. Juni 1879; 1883



Pfropfenbildung; Febr. 1885 und 1887 erhöhte Tätigkeit; August bis Nov. 1888 Aufpressen eines Pfropfens; Juli 1889; 25. August 1891; Okt. 1893; 27. Jan. 1894; 3. Febr. 1902; 1903; 22. Jan. 1904 stets begleitet von emporsteigenden Staumassen; 18. April 1904 eine 1200 m aufsteigende Blumenkohlwolke, Lavaausfluss; 28. Febr. bis März 1906 Asche und Lava; 17. Febr. und 17. und 25. Dez. 1907; 1., 2. Febr., 28./29. Mai, 20. Juni 1909; 2. Nov. 1911; 1912 brachte endlich eine Verlegung des Kraters nach Westen.

Nach Sapper war die Gesamtförderung im 19. Jahrhundert etwa von 3. Grössenordnung.

Nach den vorhandenen Analysen sind die Merapilaven Alboranite und Pyroxenandesite. (Java I, Nr. 6—7.)

Merbaboe 3145 m war ebenfalls explosiv tätig, so 1562, 1586, 1863, 1872.

Lawoe 3265 m ist ein Vulkan nur mit Förderung von Lockerprodukten. Tätig 1. Mai 1752; 28. Nov. 1885; Sept. 1908 erhöhte Rauchentwicklung.

Die folgenden Vulkane sind untätig: Koekoesan (Diogolarangan), Ngebel und Wilis 2556 m. Der letztere ist ein Massiv mit vier Kratern und einem jüngeren Ausbruchspunkt Klotok auf dem Westfuss. Es folgt nun der Kloet 1731 m (Keloet), der javanische Vulkan mit der längsten Geschichte. Auf seiner Ostseite fand Verbeek die Spuren einer alten Sommaumwallung. Das Kloetnassiv hat zwei Gipfel, der östliche ist hufeisenförmig, der westliche, aktive schliesst einen Kratersee ein, der in der Ausbruchsgeschichte des Vulkans eine verhängnisvolle Rolle spielt, da er, wie Escher gezeigt hat, immer wieder Anlass zu verheerenden Schlammströmen (Lahars) gibt. Cool berechnete, dass jährlich sich im abflusslosen Krater  $6 \cdot 10^6$  cbm Wasser abzüglich der Verluste ansammeln. Der Inhalt des Kratersees wurde z. B. im Mai 1907 auf  $44 \cdot 10^6$  cbm geschätzt. Diese Wassermasse wird bei einem Ausbruch z. T. in Dampf verwandelt, z. T. ausgeworfen. Die explosiven Ausbrüche tragen daher alle den gleichen Charakter von Wasserausbrüchen.

Man kennt solche aus den Jahren 1000; 1586; 1. Mai 1752; 10. Jan. 1771; 5. Juni 1811; 11.—14. Okt. 1826; 1835; 16. Mai 1848; Juni 1851; 4. Jan. 1864; 22./23. Mai 1901,  $22 \cdot 10^6$  cbm Asche wurden bis 873 km weit verfrachtet über ein elliptisches Areal von 115000 qkm; 20. Mai 1919 war von gleichem Charakter. Dorowati-Loksongo 1590 m, Andjas-moro, Pénanggoengan 1652 m, Ardjoeno 3339 m, ein grosses Massiv, dessen Ausbruchspunkte in südsüdöstlicher bis nordnordwestlicher Richtung gereiht sind. Der letzte Krater Welirang soll noch aktiv sein, ferner Kawi-Boetak 2651 m und 2868 m, Ngadipoera, dessen gewaltige Kaldera mit dem Durchmesser von 10,4 km die Tënggërkaldera



übertrifft, Semongkron 84 m und Grati 63 m, zwei kleine Basaltvulkane, seien nur kurz erwähnt. Ausführlicher dagegen ist das Tenggër-massiv 2780 m zu besprechen. Der Tenggër wurde bereits I, S. 509 bis 512, Karte Fig. 185, beschrieben. Er ist ein 2372 m bis 2600 m hoher abgestumpfter, sanft geböschter Kegel mit einer unregelmässigen, ungefähr elliptischen Kaldera von bis 6,5 km Durchmesser und mittlerer Seehöhe von 2111 m.

Die Ausbruchspunkte 2. Ordnung sind: Widodaren 2581 m, Sëgorowedi 2342 m, Bromo 2300 m und Batoek 2423 m.

Die Entstehungsgeschichte des Vulkans schildert Fennema in folgender Weise:

1. Abschnitt. Der alte Tenggërvulkan baute sich bis zu 4000 m Höhe auf. Er besass zwei Gipfelkrater. Eine grosse Katastrophe zerstörte den Kegel. Die Lava floss aus dem Ostkrater gegen Osten ab. Zwei Lavaseen, getrennt durch den Querriegel Tjëmoro Lawag, blieben am Schluss dieser Periode übrig.

2. Abschnitt. Die Lava erstarrte im Ostbecken zuerst, dann im westlichen Krater in 2100 m. Die Ausbruchsphasen nahmen mehr explosiven Charakter an.

3. Abschnitt. Es folgt nun die Bildung der vier oben genannten jüngeren Kegel. Heute hat sich die Tätigkeit auf den Bromo zurückgezogen. Der Bromo gehört zu denjenigen Vulkanen Javas, die eine sehr lebhafte Tätigkeit zeigen. Seine vulkanische Intensität hat sich vorübergehend, einmal sogar bis zum hawaianischen Grad mit der Bildung eines Lavasees, gesteigert. Ausbrüche werden vermerkt:

Okt. 1804; 1815; 1820; 27. Dez. 1822; 1823; 1825; 5. Nov. 1829; 15., 16. Dez. 1830; 1835 (strombolianische Tätigkeit). Von 1838—1841 war der Bromokrater mit einem See erfüllt bis 450 m unter dem Rande. 24. Jan. 1842 begann ein schwerer langdauernder Ausbruch. Asche, halb-feste Lavabrocken wurden ausgeworfen. Über dem Kraterschlund hatte sich ein Lavasee gebildet mit Schlackenkruste, die sich hob und senkte, von Zeit zu Zeit durch Explosionen aufgebrochen wurde und flüssige Lavafetzen auswarf. Im April stand die Kruste 150 m unter dem Kraterand. Im Juni war der See bis auf einen 3 m breiten halbmondförmigen Schlund verschwunden. 16. Jan. 1843 wieder ein explosiver Ausbruch. Junghuhn fand 1844 auf der Terrasse von 1842 im Westen eine Sandfläche, im Osten einen tiefen Schlund. Explosionen mit Steinauswurf ereigneten sich vom 30. Jan. bis März 1859; Mai und 18. Dez. 1865; 13. Dez. 1867; 12. Jan. 1868. Nach einer 17jährigen Pause nahm der Vulkan seine Tätigkeit wieder auf. 31. Okt., 14. Nov., 24.—30. Dez. 1885; 4.—6. Jan. 1886 mit kurzer Unterbrechung dauerte der Aschenauswurf bis ins Jahr 1887 an. 26. Febr. 1888; 13., 27. Jan., 17. März 1893; Dez. 1906; 1907; 12. Febr. 1908;



12., 14. Jan. 1909; 18.—20. Jan. 1910. Alle die Ausbrüche erreichten aber nicht mehr den Grad von 1842. Lavaergüsse nach aussen sind in historischer Zeit nicht mehr erfolgt. Die Gesteine des Tengger sind Basalte, zum kleineren Teil Pyroxenandesite. (Java I, Nr. 8.)

Ajek-Ajek 3020 m ist eine alte Kaldera mit 3,25 km Radius und fünf jüngeren Ausbruchspunkten.

Der höchste und zugleich tätigste Vulkan ist der Smeroe 3676 m, ein zweigipfliger Aschenkegel. Der nördliche Kegel Mahameroe 3676 m besitzt keinen Krater. Das tätige Zentrum liegt im südlichen Kegel Smeroe 3650 m, im Krater Dionggring Selo.

Die Phase des Vulkans steigt bis zur strombolianischen. 1885 kam es sogar zum Ausfluss von Lava.

Seine Ausbrüche sind: 1818; Jan. 1829; 15. und 21. Dez. 1831 gleichzeitig mit dem Bromo; 18. April 1832; Febr. 1842 gleichzeitig mit dem Bromo; 1844 rhythmische Explosionen mit Pausen von  $\frac{1}{2}$  bis 10 Stunden. Dieser ständige Tätigkeitscharakter dürfte lange Jahre beibehalten sein, unterbrochen von längeren Ruhepausen. 1865; 11. April 1885 starker Aschenausbruch, dem am 12. April ein 2 km langer Lava-strom folgte. Eine schwere Steinlawine liess einen breiten Barranco zurück. In den folgenden Monaten wiederholten sich die Explosionen. Am 20. Juli 1886 wiederum rhythmischer Auswurf alle halben Stunden. Am 10. Sept. bis 11. Okt. 1887, 1888 und 1890 dauernd rhythmisch tätig; 1891; 1893; 1894; 1895—1908. Im Oktober 1908 stellte Sapper fest, dass der Zustand des Vulkans bis in alle Einzelheiten dem des Izalco in Salvador gleicht. Alle 2 bis 25 Minuten stiessen zwei benachbarte Mundlöcher nicht immer gleichzeitig Wolkenballen 500 bis 600 m hoch aus. (Vgl. I, S. 535, Fig. 191.) Weiterhin steigt die Tätigkeit 1910, 1911 und 1912 über das gewöhnliche Mass. Am 15. Nov. 1911 erhob sich die Eruptionswolke  $7\frac{1}{2}$  km hoch, die Asche wurde bis Bali verweht. Auf der Südseite floss Lava.

Obschon der Smeroe als dauernd tätig angesprochen werden kann, ist seine Förderleistung nach Sapper nicht allzu gross. In der Förderung von Lockerprodukten etwa von der 2. Grössenordnung, der des Stromboli oder Izalco entsprechend. Die Lavenmassen bleiben weit zurück. Die Smeroegesteine sind Pyroxenandesite.

Einer der tätigsten Vulkane Javas ist der Lémongan (Lamongan) 1670 m, ein Sommayvulkan ohne ansehnliche Höhe.

Die Somma Tarob ist nur stückweise erhalten, sie umschliesst drei jüngere Ausbruchsstellen, zwei Krater unter dem höchsten Punkt und den eigentlich tätigen Krater in 1664 m. — Die morphologische Eigenart des Vulkans besteht in 53 kleinen Kratern und Kegeln ohne Krateröffnung auf der Mantelfläche.



Die vulkanische Intensität erreicht den strombolianischen Grad. Lavaergüsse haben häufiger stattgefunden.

Ausbrüche: Mai 1806 strombolianisch mit einer Periode 10 bis 15 Minuten; 8. Nov. 1818; Jan. 1824; 1826 und 1829 Auswurf glühender Schlacken; 6. Mai 1838 strombolianische Tätigkeit mit  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  stündigen Pausen; 1841 und 1842 zugleich mit dem Bromo; 5. Okt. 1843 bis 1844; 1847 wieder ein strombolianischer Ausbruch mit einer Periode von 15 bis 20 Minuten. Lavaklumpenströme (vgl. I, S. 402) rollten den Hang herab. Anfang Mai trat 150 m unterhalb des Kraterrandes ein Lavaström hervor, der zu Lavagrüs zerfiel, ein Zeichen, wie stark die Lava mit Gasen übersättigt war (I, S. 365); 25. Sept. 1847; Juni bis Sept. 1849 mit Einsturz des pikförmigen Gipfels und Austritt von Lava am Nordfuss der Somma.

Von 1856 bis 1861 setzt wieder eine Periode intermittierender Tätigkeit ein. Jan., Juni und Juli 1864; 6. u. 7. April 1869; 2.—5. März, 30. Nov. 1870; Jan. bis Febr. 1871; August, Sept. 1872; 20. Mai, 21. August 1874; 11./12. Mai 1875; 1877 brachte erst wieder einen Lavastrom; 1883 lieferte einen Blocklavastrom von 3400 m Länge, 300 m Breite und 10—15 m Dicke, Volumen  $10 \cdot 10^6$  cbm; 1885 ein kleiner Lavaerguss von 25 m Länge; Juli, Dez. 1885; 1886; Juli 1887; 1888; 1889 abwechselnd mit dem Semeroe; 1890; 1891 mit Lavaerguss; 18. Nov. 1893 Schlammstrom; 1896; 4., 5. Febr. 1898 ein Wasserausbruch, ein neuer 50 m hoher Hügel entstand mit einem Krater von 200 m Durchmesser und Lavasee.

Am 7. Febr. ergossen sich gegen Westen und Süden Lavaströme von 20 und 300 m Länge; 1903; 1904.

Auch der Lémongan ist, von kurzen Pausen abgesehen, dauernd tätig. Die Laven sind Basalte.

Hijang 3088 m ist eine alte, gewaltige Kaldera von 16 km Durchmesser mit einer zweiten Kaldera (Argopoero 3088 m) von 9 km Durchmesser. Sie besitzt 18 jüngere Eruptionspunkte, von denen einzelne noch solfatarisch tätig sind. Die Hijanggesteine sind Basalte, Hornblendeandesite und Olivinpyroxenandesite. Pakisan ist erloschen.

Erst der Raoen (Raoeng) 3328 m (Brouwer) ist wieder tätig. Mit ihm ist das gewaltige und vielgestaltete Idjenmassiv erreicht.

Der Raoenkrater ist einer der tiefsten der Erde, fallen doch seine Wände fast senkrecht 460 bis 630 m ab. Mit anschaulichen Worten schildert Junghuhn das Gefühl der Angst, das ihn beschlich, als er in diesen tiefen Schlund hinabblickte. Der Raoen wurde in neuerer Zeit (1913) von Brouwer eingehend untersucht. Der elliptische Krater misst 2280 m in Nordwest—Südost-Richtung und 1760 m senkrecht dazu. Der Kraterboden liegt in + 3730 m Seehöhe. Der Kraterrand baut sich aus



Lockerprodukten und Lavaströmen, die aber in der Minderheit bleiben, auf. Auf der Westseite sind am stark gegliederten äusseren Hang noch die Spuren zweier grösserer Kalderen von 1740 und 1500 m Radius erkennbar. Auf dem Kraterboden ziemlich in der Mitte erhebt sich seit der letzten Eruption vom 7. Juni 1913 ein kleiner Kegel und nordöstlich von ihm liegt ein kleiner Pfuhl.

Ausbrüche des Vulkans: 1597; 1638; 1730; zwischen 1787—1799; 1800—1808, genauer lassen sich die Daten nicht mehr feststellen; 4. bis 12. April 1815; 16. Jan. bis 18. Febr. 1817 grösserer verheerender Aschenausbruch mit Schlammstrom; 14. Dez. 1849; 2. bis 8. Juli 1864, die Asche ist eine alboranitische Asche (Analyse Java I, Nr. 9); 21. Juni 1881; Juli bis Sept. 1890; 14. August 1896; 27. April 1897 erhöhte Tätigkeit; 16. Febr. 1902; 28. Nov. bis 2. Dez., 26. Dez. 1903 erhöhte Tätigkeit; 13. Mai 1913; am 7. Juni hatte sich der etwa 100 m hohe Eruptionskegel gebildet. Die Tätigkeit hielt mit Unterbrechungen bis zum Schluss des Jahres an. Die Phase erreichte den strombolianischen Grad.

Die analysierten Aschen des Raoeng sind saure Alboranite. (Java I, Nr. 9—10.)

Erloschen sind Soeket 2848 m und Baloeran.

Das Idjenmassiv ist ein kompliziertes Vulkanmassiv, das allein 5000 qkm bedeckt. Den Gipfel bildet eine grosse Kaldera von 8 km Radius. Ihre Ränder kulminieren im Süden im Ranti 2618 m, der Nordrand sinkt bis 1327 m. Der alte Idjenkegel muss über 3000 m hoch gewesen sein. Die folgenden 20 jüngeren Ausbruchskegel verteilen sich innerhalb des Idjenzirkus und auf seinem äusseren Mantel.

1. Merapi 2800 m auf dem Osthang, 2. Kawah Idjen 2380 m mit elliptischem noch tätigem Krater, 3. Pawehnen 2180 m, 4. Blaee 1774 m, 5. Papak 2120 m, 6. Widodaren 2100 m, 7. Lampoejangan 1883 m, 8. Ranti 2618 m, 9. Leboe agoeng 1880 m, 10. Koekoesan 1820 m, 11. Delaman 1740 m, 12. Pondok 1521 m, 13. Tjilik 1670 m, 14. Tjambid 2338 m, 15. Pëndil 1850 m, 16. Gënteng 1710 m, 17. Aujas 1720 m, 18. Lingkër 1620 m, 19. Mëlaten 1540 m, 20. Tjémoro 1780 m.

Nach Bildung der alten Kaldera entstanden 1, 3, 4, 8, 14, die übrigen gehören der dritten Periode an.

Die historischen Eruptionen 1796 und 1817 gingen vom Kawah Idjen aus. Die Idjengesteine sind Basalte mit wenig Olivin und Pyroxenandesite. Mit dem Idjen ist das Ostende Javas erreicht.

Wenn wir die auf Sumatra und Java emporgedrungenen Magmen vergleichen, so liegen zwar viele mikroskopischen Bestimmungen von Gesteinen vor. Es sind der Hauptmasse nach Pyroxenandesite und Basalte. Dagegen ist die Zahl der Gesteinsanalysen zumal von Java eine geringe.



Bei Durchsicht der Analysen fällt die Tatsache auf, dass die meisten Gesteine positive Q-Werte besitzen, also sauer sind und zur Andesitfamilie gehören.

Sie lässt die Frage aufwerfen, ob die als Basalt bestimmten Gesteine echte Basalte sind.

## XII. Die atlantische Region Ostjawas.

Von Nordosten her greift nach Java eine andersgeartete Magma-region mit atlantischen Gesteinen ein.

Die im Norden vorgelagerte Karimoen-Djava-Inseln bestehen noch aus andesitischen Vulkanruinen, aber bereits auf der Insel Bawean ändern sich die Verhältnisse.

Diese Insel trägt eine alte Vulkanruine 655 m. Zwei Kalderenränder lassen sich erkennen. Die äussere Somma ist am höchsten, sie ist gegen Norden offen, ihr Radius beträgt 1,9 km. Die zweite Kaldera mit exzentrischer Lage gegen Osten ist geschlossen. Ein Kratersee Têlaga erfüllt sie. Die ältesten Laven sind Phonolithe. Es folgen Nephelintephrite, Leuzitbasalte und Leuzitite, zum Schluss erscheinen wieder Phonolithe. Da die Mergel der Stufe  $m_2$  bereits vulkanisches Material enthalten, haben die Eruptionen im Miozän begonnen und im Pleistozän aufgehört. (Analyse Java II, Nr. 9.)

Auf der Nordküste Javas im Bezirk Djapara springt der Vulkan Moeriah 1595 m ins Meer vor. Die Erosion hat die ehemalige Konfiguration des Berges stark zerstört. Trotzdem sind die Ränder zweier grosser Krater noch erkennbar. Der nördliche hat einen Durchmesser von 2,4 km und kulminiert mit 1595 m im Soetorenggo. Der südliche Zirkus mit 3,15 km Radius umschliesst einen jüngeren Krater von 1,35 km Radius und ist nur im Norden erhalten. Gg. Patijam 353 m im Süden und Gg. Tjilering 717 m sind parasitäre Kegel der Mantelfläche.

Der Moeriahkegel besteht aus Lockerprodukten leuzitischer Laven. Tephrite (Vicoite), Leuzitbasanite und Trachydolerite herrschen, Phonolithe dagegen fehlen. In den Tuffen des Patijam fand man quartäre Säugetierknochen. Die Eruptionen des Moeriah fallen also in das Pleistozän. Ihr Beginn ist nicht sicher festgestellt.

Der kleine Vulkan Loeroes 539 m in der Landschaft Besoeki an der Nordküste ist dadurch bemerkenswert, dass sich in ihm die Berührung beider Magmenregionen vollzieht. Der Sommarand ist ein offener Halbkreis mit 2,4 km Radius. Kapoeran 220 m und Prahoe 310 m sind seine höchsten Erhebungen. Leuzitbasalte bauen die Somma auf. Ziemlich zentrisch steigt der jüngere Loeroeskegel auf. Sein ringförmiger Gipfelkrater öffnet sich mit 960 m Durchmesser und trägt einen Kegel 3. Ordnung mit 600 m Krateröffnung.



## Java I.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1          | 2                      | 3      | 4     | 5     | 6     | 7     | 8          | 9           | 10    | 11    |
|--|------------|------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 51,12      | 52,89                  | 80,80  | 71,20 | 55,06 | 54,04 | 57,76 | 55,42      | 51,45       | 53,97 | 70,92 |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 0,86       | 0,96                   | —      | Sp.   | 0,86  | —     | —     | 1,07       | —           | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,14       | 0,22                   | —      | —     | —     | —     | —     | 0,58       | —           | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 19,59      | 18,93                  | 9,85   | 16,12 | 17,92 | 13,90 | 18,38 | 17,39      | 22,70       | 14,95 | 12,20 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 2,86       | 4,06                   | } 3,33 | 1,69  | 4,39  | 15,41 | 7,31  | 1,56       | } 14,20     | 10,62 | 1,07  |
| FeO . . . .                            | 6,53       | 4,80                   |        | —     | 5,24  | —     | —     | 6,82       |             | 7,72  | 5,42  |
| MnO . . . .                            | 0,65       | 0,43                   | —      | Sp.   | 0,50  | —     | —     | 0,71       | —           | —     | 0,14  |
| MgO . . . .                            | 4,47       | 3,72                   | 0,21   | 1,63  | 3,26  | 3,84  | 3,34  | 3,28       | 1,13        | 2,69  | 2,61  |
| CaO . . . .                            | 9,54       | 8,56                   | 0,85   | 1,36  | 8,29  | 9,82  | 6,21  | 7,52       | 7,64        | 8,12  | 3,78  |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 3,11       | 3,98                   | 3,49   | 5,72  | 3,09  | 1,07  | 3,62  | 2,41       | 1,02        | 1,17  | 2,46  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 0,57       | 0,94                   | 2,83   | 1,37  | 2,01  | 0,69  | 0,57  | 2,67       | 0,47        | 0,65  | 2,49  |
| H <sub>2</sub> O + . . . .             | 0,11       | 0,58                   | —      | 1,48  | 0,07  | 1,31  | 0,94  | 0,17       | 0,52        | 0,62  | —     |
| H <sub>2</sub> O — . . . .             | Cl = 0,10  | 0,84                   | —      | —     | —     | —     | —     | Cl = 0,11  | —           | —     | —     |
|  | F = 0,04   | CO <sub>2</sub> = 0,10 | —      | 0,22  | 0,23  | —     | —     | F = 0,03   | —           | —     | —     |
|  | S = 0,06   | S = 0,04               | —      | —     | —     | —     | —     | S = 0,03   | —           | —     | —     |
| Sonst. Best.                           | BaO = 0,03 | —                      | —      | —     | —     | —     | —     | BaO = 0,13 | Lösl. Salze | —     | —     |
|  | SrO = 0,03 | —                      | —      | —     | —     | —     | —     | SrO = 0,03 | = 0,77      | —     | —     |

|            |       |        |        |        |        |        |        |       |       |        |        |
|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Summa . .  | 99,81 | 101,05 | 101,06 | 100,79 | 100,42 | 100,08 | 100,89 | 99,98 | 99,90 | 100,51 | 101,09 |
| Spez. Gew. | —     | 2,772  | 2,379  | 2,57   | 2,61   | —      | 2,664  | —     | —     | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4      | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 56,33 | 58,81 | 84,36 | 77,18  | 59,86 | 63,02 | 66,51 | 61,14 | 58,37 | 61,71 | 74,60 |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 0,71  | 0,80  | —     | —      | 0,30  | —     | —     | 0,88  | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,06  | 0,10  | —     | —      | —     | —     | —     | 0,27  | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 12,70 | 12,38 | 6,05  | 10,27  | 11,46 | 9,53  | 12,45 | 11,29 | 14,31 | 10,06 | 7,55  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 1,18  | 1,69  | —     | } 1,37 | 2,27  | 6,74  | 3,16  | 0,64  | —     | 4,55  | 0,42  |
| FeO . . . .                            | 6,00  | 4,45  | 2,89  |        | 6,05  | —     | —     | 6,27  | 15,36 | 7,35  | 4,75  |
| MnO . . . .                            | 0,61  | 0,41  | —     | —      | 0,45  | —     | —     | 0,66  | —     | —     | 0,12  |
| MgO . . . .                            | 7,39  | 6,21  | 0,33  | 2,65   | 5,32  | 6,72  | 5,77  | 5,42  | 1,81  | 4,61  | 4,12  |
| CaO . . . .                            | 11,30 | 10,20 | 0,95  | 1,58   | 9,65  | 12,27 | 7,66  | 8,97  | 8,77  | 9,95  | 4,26  |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 3,32  | 4,28  | 3,53  | 6,00   | 3,25  | 1,21  | 4,03  | 2,58  | 1,06  | 1,30  | 2,51  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 0,40  | 0,67  | 1,89  | 0,95   | 1,39  | 0,51  | 0,42  | 1,88  | 0,32  | 0,47  | 1,67  |



| Nr. | Mag-<br>ma | Gestein          | Ort                                   | Lagerung             | Mineralzus.   |
|-----|------------|------------------|---------------------------------------|----------------------|---|
| 1   | IV a 7     | (Basalt) Andesit | Vulkan Goentoer                       | Strom                | Q.Olig. Alb. San.<br>Bi. Erz                              |
| 2   | IV a 7     | Andesit          | Boerangerang, Preanger                |                      |   |
| 3   | III 8      | Obsidian         | Kawah Manoeck, unterh.<br>Pasirkiamis |                      |   |
| 4   | III 8      | (Dazit) Liparit  | Kali Soeroean, Lochoelo               | Lavastrom            | By. Aug. Hy. Erz  |
| 5   | IV a 7     | Pyroxenandesit   | Wathoeh Oela, Lochoelo                |                      |   |
| 6   | IV 5       | (Basalt) Andesit | Vulkan Merapi                         |                      |   |
| 7   | IV a 7     | Vitroandesit     | Vulkan Merapi                         | Dez. 1876            | Plag. Aug. Hy.<br>kein San. Erz<br>Lab. Aug.<br>Oliv. Mt. |
| 8   | IV a 7     | Andesit          | Vulkan Bromo, Tëngger                 | 2. Juli 1864         |   |
| 9   | IV 7       | Andesitasche     | Vulkan Raoen                          | 14.—15. Juli<br>1913 |   |
| 10  | IV 7       | Andesitasche     | Vulkan Raoen                          |                      |   |
| 11  | III 8      | Moldavit         | Tebrung, Dendang, Java                |                      |   |

| Nr. | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | t    | Analytiker      |
|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----------------|
| 1   | 65,68 | 32,64 | 1,68  | 3,72 | 8,89 | 4,9  | 40,2 | 54,9 | —    | E. W. Moreley   |
| 2   | 69,32 | 27,68 | 3,00  | 4,95 | 7,43 | 8,0  | 49,5 | 42,5 | —    | I. C. J. Mohr   |
| 3   | 45,88 | 7,08  | 47,04 | 5,42 | 0,63 | 33,3 | 61,4 | 5,3  | —    | P. J. Mayer     |
| 4   | 63,66 | 8,04  | 28,30 | 6,95 | 1,58 | 12,5 | 77,0 | 10,3 | 1,74 | N. Sahlbom      |
| 5   | 64,40 | 23,30 | 6,30  | 4,64 | 6,82 | 17,3 | 40,7 | 42,0 | —    | N. Sahlbom      |
| 6   | 45,00 | 29,10 | 25,10 | 1,72 | 7,81 | 9,0  | 21,2 | 69,8 | —    | Brouwer         |
| 7   | 66,58 | 14,70 | 18,72 | 4,45 | 8,00 | 4,9  | 49,0 | 46,6 | —    | Lagorio         |
| 8   | 63,00 | 28,98 | 8,02  | 4,46 | 6,83 | 24,1 | 32,9 | 43,0 | —    | E. W. Moreley   |
| 9   | 50,28 | 34,34 | 15,38 | 1,38 | 8,77 | 5,2  | 19,0 | 75,8 | 4,16 | S. A. Bleekrode |
| 10  | 47,32 | 27,24 | 25,44 | 1,77 | 8,29 | 8,5  | 22,0 | 69,5 | —    | W. Hollemann    |
| 11  | 46,92 | 19,76 | 33,23 | 4,18 | 3,37 | 28,8 | 42,4 | 28,8 | —    | C. v. John      |

Literatur: 1. Washington II, S. 547, Nr. 134.

2. Washington II, S. 513, Nr. 258.

3. R. D. M. Verbeek, Java et Madoura II, S. 739.

4.—5. G. Niethammer, Tschemm. Min. Mitt. 28. 1909, S. 221, 227.

6. H. A. Brouwer, Naturkund. Tijdschr. Ned. Indie 73. 1913.

7. A. Lagorio, Tschemm. Min. Mitt. N. F. 8, 1887, S. 467.

8. Washington II, S. 479, Nr. 75.

9. Naturk. Tijdschr. Ned. Indie 28, S. 154.

10. Ebendort 13, 1913.

11. F. E. Suess, Jahrb. Geol. Reichsanstalt Wien. 50, 1901, S. 238.



## Java II und Soembawa. Atlantische Region.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1'  | 2   | 3   | 4   | 5  | 6   | 7  | 8   | 9   | 10         | 11     | 12     | 13     |
|--|---|---|---|---|--|---|--|---|---|------------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 48,32   | 47,73   | 46,60   | 45,03   | 46,54  | 51,85   | 48,66  | 50,18   | 47,76   | 48,75      | 50,90  | 55,25  | 47,36  |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 0,88  | 0,86  | 0,95  | 1,10  | 1,11   | 0,66  | 0,81   | 0,76  | 0,75  | 0,88       | 0,78   | 0,64   | 1,00   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,82  | 0,52  | 1,50  | 0,96  | 1,18   | 1,23  | 0,79   | 0,76  | 0,78  | 0,48       | 0,14   | 0,27   | 0,31   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 17,81   | 17,93   | 16,73   | 16,59   | 15,95  | 19,08   | 17,69  | 17,82   | 17,29   | 13,50      | 23,47  | 20,94  | 22,95  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 4,65  | 4,47  | 4,78  | 4,55  | 5,24   | 4,25  | 4,66   | 4,04  | 2,89  | 11,21      | 2,14   | 3,30   | 3,23   |
| FeO . . . .                            | 4,62  | 4,58  | 4,78  | 4,37  | 5,51   | 2,69  | 4,40   | 3,89  | 3,55  | 4,83       | 3,47   | 1,04   | 3,75   |
| MnO . . . .                            | 0,41  | 0,96  | 0,41  | 0,64  | 0,18   | 0,51  | 1,49   | 0,30  | 0,41  | —          | 0,10   | 0,23   | 0,24   |
| MgO . . . .                            | 3,37  | 4,27  | 4,69  | 3,95  | 4,70   | 1,48  | 3,03   | 2,88  | 4,22  | 3,73       | 2,36   | 1,85   | 4,54   |
| CaO . . . .                            | 9,15  | 9,59  | 10,82   | 11,09   | 10,69  | 5,81  | 6,43   | 7,19  | 8,06  | 9,51       | 8,71   | 3,76   | 10,20  |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 3,14  | 3,62  | 2,62  | 3,53  | 2,28   | 4,46  | 3,93   | 3,29  | 4,70  | 2,96       | 4,36   | 6,04   | 2,97   |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 4,79  | 4,81  | 5,47  | 5,29  | 4,44   | 6,61  | 6,10   | 6,65  | 6,77  | 3,34       | 3,51   | 6,56   | 3,49   |
| H <sub>2</sub> O + . . . .             | 0,82  | 0,71  | 0,71  | 0,34  | 0,52   | 0,55  | 0,80   | 0,96  | 0,97  | 0,53       | 0,20   | 0,54   | 0,26   |
| H <sub>2</sub> O . . . .               | 0,17  | 0,24  | 0,45  | 0,15  | 0,39   | 0,47  | 0,58   | 0,55  | 0,76  | —          | 0,11   | 0,09   | 0,02   |
| Sonst. (rem.)                          | —   | —   | —   | —   | —  | —   | —  | —   | —   | —          | —      | —      | —      |
|  | Cl = 0,10<br>F = 0,04<br>S = 0,23<br>BaO = 0,11<br>SrO = 0,21 | Cl = 0,17<br>F = 0,07<br>S = 0,04<br>BaO = 0,10<br>SrO = 0,17 | Cl = 0,08<br>F = 0,17<br>S = 0,01<br>BaO = 0,21<br>SrO = 0,13 | Cl = 0,26<br>F = 0,11<br>S = 0,05<br>BaO = 0,16<br>SiO = 0,16 | ZrO <sub>2</sub> = 0,01<br>Cl = 0,07<br>F = 0,06<br>S = 0,09<br>BaO = 0,13<br>SrO = 0,24 | Cl = 0,21<br>F = 0,10<br>S = 0,01<br>BaO = 0,17<br>SrO = 0,19 | Cl = 0,24<br>F = 0,16<br>S = 0,05<br>BaO = 0,16<br>Sr = 0,21 | Cl = 0,16<br>F = 0,02<br>S = 0,62<br>BaO = 0,25<br>SrO = 0,29 | CO <sub>2</sub> = 0,11<br>ZrO <sub>2</sub> = 0,01<br>Cl = 0,25<br>F = 0,09<br>S = 0,03<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,03<br>BaO = 0,12<br>SrO = 0,12 | BaO = 0,48 | —      | —      | —      |
| Summa . . .                            | 99,64   | 100,57  | 100,46  | 100,33  | 99,53  | 100,40  | 100,19   | 100,01  | 99,67   | 100,00     | 100,25 | 100,51 | 100,32 |
| Spez. Gew.                             | —   | —   | —   | —   | —  | —   | —  | —   | —   | 2,78       | 2,68   | 2,37   | 2,88   |

## B. Molekularprocente.

|  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 55,60 | 53,71 | 52,64 | 50,95 | 53,08 | 60,55 | 56,59 | 58,10 | 54,71 | 56,19 | 57,54 | 63,30 | 53,14 |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 0,77  | 0,74  | 0,81  | 0,95  | 0,96  | 0,56  | 0,70  | 0,70  | 0,62  | 0,76  | 0,66  | 0,55  | 0,84  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,41  | 0,27  | 0,77  | 0,47  | 0,55  | 0,63  | 0,41  | 0,34  | 0,41  | 0,20  | 0,07  | 0,13  | 0,15  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 12,62 | 11,88 | 11,10 | 11,06 | 10,67 | 13,10 | 12,07 | 12,16 | 11,68 | 9,13  | 15,61 | 14,11 | 15,15 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 2,00  | 1,89  | 1,76  | 1,97  | 2,26  | 1,89  | 2,03  | 1,73  | 1,24  | 4,84  | 0,91  | 1,42  | 1,26  |
| FeO . . . .                            | 4,42  | 4,92  | 4,54  | 6,04  | 5,19  | 2,67  | 4,26  | 3,75  | 3,43  | 4,63  | 3,27  | 0,99  | 3,51  |
| MnO . . . .                            | 0,41  | 0,95  | 0,41  | 0,61  | 0,21  | 0,49  | 1,47  | 0,28  | 0,42  | —     | 0,09  | 0,22  | 0,23  |
| MgO . . . .                            | 5,80  | 7,22  | 7,86  | 6,72  | 8,07  | 2,60  | 5,30  | 5,01  | 7,29  | —     | 4,00  | 3,17  | 7,64  |
| CaO . . . .                            | 11,53 | 11,68 | 13,28 | 13,63 | 13,27 | 7,57  | 8,24  | 9,32  | 10,03 | 12,09 | 10,55 | 4,61  | 12,26 |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 3,52  | 3,91  | 2,84  | 3,80  | 3,22  | 5,04  | 4,40  | 3,68  | 5,22  | 3,42  | 4,77  | 6,70  | 3,22  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 3,62  | 3,43  | 3,99  | 3,80  | 3,22  | 4,90  | 4,53  | 4,93  | 4,95  | 2,42  | 2,53  | 4,80  | 2,50  |



| Nr. | Gestein                       | Ort                               | Lagerung  | Mineralzus.                    |
|-----|-------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| 1   | Vicoit., Kalifeldsp., führ.   | Kali Sekatak, Ragoe Vulkan,       | Pliozän<br>bis<br>Pleisto-<br>zän<br>Gegen-<br>wart | Aug., Plag.,                   |
| 2   | Leuzittephrit                 | Moeriah                           |   | Leu., Alkali-<br>feldsp., Mt., |
| 3   | Biotitvicoit                  | Kali Sekatak, Ragoe Vulkan,       |   | Aug., Bio.,                    |
| 4   | Leuzittephrit                 | Moeriah                           |   | Plag., Mt.,                    |
| 5   | Vicoit., Leuzitshoshonit      | Kali Sekatak, Ragoe Vulkan,       |   | Hornb., Kalif.,                |
| 6   | Leuzitbasanit (Absharokit)    | Moeriah                           |   | Leuz., Apt.,                   |
| 7   | Leuzitshoshonit (Vicoit)      | Fluss Gillinan b. Masin, Moeriah  |   | Aug., Leu., Mt.,               |
| 8   | Leuzittephrit (Vicoit nahe)   | Fluss Gillinan b. Masin, Moeriah  |   | Plag., Aug., Mt.,              |
| 9   | Leuzittephrit                 | Kali Sekatak b. Ragoe, Moeriah    |   | Leu., Or., Plag.,              |
| 10  | Leuzitbasalt (Olivinleuzitit) | Tadjung Anger, Insel Bawean       |   | Leu., Aug., Oliv.,             |
| 11  | Trachyt                       | Vulkan Sorimandi, Soembawa        |   | Mt., Plag., Leu.,              |
| 12  | Tephrit (Trachytephrit)       | Lavadecken, Ost Doro Tabeh Genap, |   | An.-Lab.,                      |
| 13  | Leuzittrachyphonolith         | Tambora, Sanggar, Soembawa        |   | Ne = O., Mt.,                  |
|     | Essexit                       | Nordwesthang Doro Galoenga,       |   | ähnlich 8., keine              |
|     |                               | Tambora, Sanggar, Soembawa        |   | grossen Leuzite,               |
|     |                               | Nordostfuss Doro Lamboemboem,     |   | Leu., Aug., An.-               |
|     |                               | Sanggar, Soembawa                 |   | Lab., Dio., Mt.                |

| Nr. | Mag-<br>ma | L     | M     | Q       | A     | C    | e                      | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | Analytiker     |
|-----|------------|-------|-------|---------|-------|------|------------------------|------------------|-------------------|----------------|
| 1   | IIa3       | 73,88 | 36,72 | — 10,60 | 6,45  | 5,57 | 0,59                   | 3,52             | 3,52              | E. W. Moreley  |
| 2   | IIa3       | 74,48 | 41,66 | — 16,14 | 6,74  | 5,14 | 0,60                   | 3,43             | 3,91              | "              |
| 3   | Ia3        | 69,92 | 45,44 | — 15,36 | 5,38  | 4,72 | 0,45                   | 3,99             | 2,84              | "              |
| 4   | IIa3       | 72,04 | 49,68 | — 21,72 | 6,95  | 4,11 | 0,65                   | 3,80             | 3,80              | "              |
| 5   | Ia2        | 63,53 | 45,74 | — 9,26  | 5,21  | 5,46 | 0,53                   | 3,22             | 2,52              | "              |
| 6   | IIa3       | 90,24 | 23,26 | — 13,50 | 9,21  | 3,89 | 0,73                   | 4,90             | 5,04              | "              |
| 7   | Ia3        | 81,12 | 35,14 | — 16,26 | 8,21  | 3,86 | 0,72                   | 4,53             | 4,40              | "              |
| 8   | Ia3        | 81,00 | 31,70 | — 12,70 | 8,09  | 4,07 | 0,52                   | 4,93             | 3,68              | "              |
| 9   | I2         | 85,20 | 41,52 | — 26,72 | 8,48  | 1,66 | 0,55                   | 4,95             | 5,22              | "              |
| 10  | III6       | 59,44 | 39,71 | 0,85    | —     | 3,10 | Or = 32,4<br>Ab = 44,6 | 2,42             | 3,31              | "              |
| 11  | III3       | 90,56 | 20,28 | — 10,84 | 7,03  | 8,58 | 0,27                   | 2,53             | 4,77              | J. Jakob       |
| 12  | III4       | 99,76 | 15,44 | — 15,20 | 10,83 | 3,28 | 0,67                   | 4,80             | 6,70              | H. P. Roothaan |
| 13  | III3       | 82,64 | 29,26 | — 11,90 | 5,51  | 9,64 | 0,21                   | 2,50             | 3,22              | H. P. Roothaan |

Literatur: 1.—8. Iddings und Moreley, Journ. Geol. 23. 1915, S. 233.

9. Washington II, S. 581, Nr. 4.

10. Washington II, S. 599, Nr. 11. Rack, N. J. f. M., BB. 34. 1912, S. 71.

11.—13. Panekoeck van Rheden, Zeit. Vulk. IV., 1918, S. 307.

Der eigentliche Loeroeskegel besteht aus Blöcken und Lockermaterial von Hornblendeandesit. Leider fehlen die Analysen. Der Vulkan ist im wesentlichen pleistozän aufgeschüttet.



Östlich von Besoeki liegt die grosse Vulkanruine des Ringgit 1250 m. In der Beserkette mit den Spitzen Ranoe 580 m, Djemboer 1006 m, Pandoesah 1057 m, Beser 1303 m, Pandito 914 m hat man die Reste des alten Sommarandes zu erblicken, dessen Nordhälfte das Meer ganz zerstört hat. Der eigentliche Ringgitkegel steigt bis 1250 m auf. Er besitzt zwei durch Barrancos aufgerissene Krater. Die Ringgitgesteine sind wieder Leuzitite, Tephrite und Leuzitbasalte.

Nach Junghuhn und Wichmann ist der Vulkan 1586, 1593 und 7. Jan. 1597 explosiv tätig gewesen. Die Phase dürfte sich aber kaum über die ultravulcanianische erhoben haben.

Die Fortsetzung dieser atlantischen Region findet sich auf Soembawa auf der nördlichen Halbinsel Sanggar, sowie an der Bimabucht. Auch den tätigen Inselvulkan Sangeang wird man hinzurechnen müssen, obschon nur olivinarme Basalte angegeben werden. Diese Gesteine auch einmal zu analysieren, wäre von ganz besonderem Interesse.

#### Soembawa.

Die Insel Soembawa ist eine Doppelinsel. Die trogförmige Salehbai greift tief in das Land ein und teilt die Insel in eine Süd- und Nordhälfte, die nur durch eine schmale Landbrücke zusammenhängen. Die vulkanischen Zentren liegen auf der Nordhälfte, die wieder durch eine Anzahl Buchten gegliedert wird. Die Sanggarbucht trennt die Halbinsel Sanggar ab.

Die Halbinsel beansprucht ein erhöhtes Interesse, weil auf ihr neben andesitischen Gesteinen tephritische Laven, Leuzittephrite und Basanite eine herrschende Rolle spielen. Sie trägt zwei Vulkane, den tephritischen Tambora und den andesitischen Laboembom. Sie ist durch die Untersuchungen von Pannekoek van Rheden, Elbert usw. näher bekannt geworden. In den tiefsten Lagen herrscht andesitisches Material vor. Aber auch tephritische Gesteine stellen sich ein. In den darüber liegenden Riffkalken gestatten Fossilfunde, die ersten stratigraphischen Anhaltspunkte zu gewinnen. Sie weisen auf ein postobermiozänes, wahrscheinlich jungtertiäres oder pleistozänes bis subrezenes Alter hin. Die heutigen vulkanischen Bildungen mögen also im Pliozän im wesentlichen eingesetzt haben. Am Tambora haben die tephritischen Eruptionen bis in die Gegenwart hineingedauert.

Der Tephritvulkan Tambora 2800 m (P. v. Rh.) ist ein Vulkan von der Grössenordnung des Ätna. Seine Basis umfasst 40 km, sein Volumen berechnet sich zu 620 cbkm. In seiner ersten Entwicklungsphase haben gewaltige Lavamassen einen Schildvulkan (Aspite) von 1800 m Höhe und 600 cbkm Volumen aufgebaut. Die Laven sind Leuzittephrite. In der zweiten Periode schütteten Lockerprodukte den Kegel auf. Der Vulkan wird zum



Stratovulkan (Aspi-Konide). Es hat während dieser Zeit nicht an Lavaströmen gefehlt. Der bedeutendste Flankenausbruch lieferte den nach Süden abfließenden wenigstens 11 km langen und 3 km breiten Parangawanstrom, für den ein Volumen von  $2 \cdot 10^8$  cbm errechnet wird. Zahlreiche parasitiäre Vulkane und Staukuppen entstanden in diesem Abschnitt. Ein Wandern des Eruptionszentrums gegen Südosten ist zu konstatieren. Die dritte und letzte Periode beginnt mit der berühmten Katastrophe des Jahres 1815. Vor diesem Ausbruch hatte der Vulkan zwei Gipfel. Der Südostgipfel war der jüngere. Er besass 4300 m Höhe und ein Volumen von 650 cbkm. Die neue Periode zerstörte den Vulkan. Eine Kaldera von 6 km Durchmesser und 500—600 m Tiefe wurde ausgesprengt (P. v. Rh.) und der Berg um 1500 m erniedrigt. Er hat heute die Form eines Wallberges (Homate).

Der Ausbruch begann am 5. April 1815 mit Aschenförderung. Die grossen Explosionen fanden am 10. und 11. April statt, am 15. Juli hat die Tätigkeit ihr Ende erreicht. Die Aschen bedeckten Java, Südsumatra, Südborneo und Celebes und erreichten die Insel Timor.

Das ausgeblasene Material ist sehr verschieden geschätzt worden: Zollinger 1000 cbkm. Junghuhn 308,95 cbkm. Verbeek 150 cbkm =  $3 \times$  den Aschenmassen des Consequina und  $8 \times$  denen des Krakatau. Den zerstörten Teil des Tambora berechnet Pannekoek van Rheden zu 30 cbkm. Setzt man die Aufblähung des Obsidians zu Bimsstein auf das 4,7fache Volumen (I, S. 83), so reicht doch der zerstörte Teil nicht aus, um die gefallenen Aschenmengen zu liefern. Der Ausbruch muss auch neues Material gefördert haben. Lavaströme sind bei kritischer Würdigung der Berichte von Augenzeugen nicht geflossen. Was als Lavastrom gehalten wurde, sind nur glühende Ejekta gewesen. Damit bestimmt sich die vulkanische Phase als die plinianische.

Der zweite Vulkan ist der pleistozäne Lamboemboem 1118 m (P. v. Rh.), ein alter Andesitvulkan mit einer Kaldera von ca. 2 km Durchmesser.

Auf der Innenseite der Inseln folgt der nächste tätige Vulkan auf der Insel Sangeang, der Doro Api 1945 m (Sibogaexpedition), ein Sommaberg mit zentralem Krater und einem jüngeren Eruptionspunkt auf der Südseite. 1512 strombolianisch tätig, wenn sich dieser Bericht nicht auf den Goenoeng Api bei Wetar bezieht. 1821. 11. Sept. 1860 und endlich 13. Febr. 1811 Ascheneruptionen. Olivinarne Basalte und Basalte sollen den Vulkan aufbauen.

Die Vulkane der beiden Hauptinseln Soembawas sind Vulkanruinen und nicht mehr tätig. Die jungvulkanische Periode beginnt auf der Insel Anfang Miozän, die zweite Periode fällt in das Pliozän, während im Pleistozän der Vulkanismus erlischt.



## Soembawa II.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1      | 2      | 3      | 4     | 5     | 6        | 7      | 8                     | 9     | 10     | 11     | 12    |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|----------|--------|-----------------------|-------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 54,04  | 64,19  | 64,54  | 62,10 | 57,76 | 58,50    | 53,74  | 51,68                 | 50,39 | 48,25  | 61,92  | 47,96 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —      | 0,60   | 0,53   | 0,37  | 0,59  | 1,41     | 0,97   | 1,35                  | 0,75  | 0,94   | 0,64   | 0,96  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —      | —      | —      | —     | —     | 0,23     | 0,33   | 0,25                  | 0,60  | —      | 0,40   | 0,56  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 13,90  | 17,18  | 16,24  | 23,90 | 18,29 | 17,54    | 18,26  | 19,77                 | 21,77 | 19,76  | 18,38  | 22,53 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 15,41  | 4,08   | 5,88   | 2,16  | 3,99  | 3,32     | 3,99   | 6,19                  | 3,51  | 5,77   | 3,11   | 0,05  |
| FeO . . .                            | —      | 1,58   | 0,11   | 1,01  | 3,31  | 2,56     | 6,21   | 3,33                  | 5,23  | 6,11   | 0,91   | 6,08  |
| MnO . . .                            | —      | —      | —      | —     | —     | 0,08     | 3,00   | 3,52                  | 0,10  | —      | 0,04   | 0,13  |
| MgO . . .                            | 3,84   | 2,10   | 1,17   | 0,19  | 1,90  | 2,93     | 0,08   | —                     | 0,10  | 3,28   | 0,87   | 3,10  |
| CaO . . .                            | 9,82   | 4,95   | 5,17   | 4,09  | 6,70  | 7,04     | 2,69   | 8,60                  | 10,61 | 10,26  | 4,22   | 10,77 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 1,07   | 3,65   | 3,71   | 4,10  | 4,15  | 3,48     | 8,06   | 3,13                  | 1,63  | 2,79   | 4,52   | 3,54  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,69   | 1,07   | 1,05   | 2,10  | 1,59  | 1,62     | 3,58   | 1,24                  | 1,34  | 1,64   | 3,09   | 3,39  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 1,31   | 1,81   | 1,99   | —     | 0,48  | 1,23     | 2,52   | 0,82                  | 0,06  | 2,92   | 1,69   | 0,70  |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —      | —      | —      | —     | —     | —        | 0,60   | 0,08                  | 0,41  | —      | 0,54   | 0,13  |
| Sonst. Best.                         | —      | —      | —      | —     | —     | BaO=0,10 | 0,16   | SO <sub>3</sub> =0,04 | —     | —      | —      | —     |
| Sa. . . .                            | 100,08 | 100,39 | 100,39 | 99,63 | 98,76 | 100,05   | 100,19 | 100,00                | 99,96 | 101,62 | 100,33 | 99,90 |
| Spez. Gew. .                         | —      | 2,64   | 2,6    | 2,345 | 2,47  | 2,495    | 2,67   | 2,76                  | 2,88  | 2,78   | 2,50   | 2,80  |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 58,22 | 71,62 | 73,08 | 65,13 | 65,44 | 65,15 | 61,08 | 59,58 | 57,26 | 55,15 | 70,76 | 53,80 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | 0,53  | 0,45  | 1,20  | 0,50  | 1,18  | 0,82  | —     | —     | 0,80  | 0,55  | 0,81  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | 0,13  | —     | 0,11  | 0,13  | —     | —     | —     | 0,19  | 0,26  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 8,81  | 11,25 | 10,81 | 11,49 | 12,19 | 11,49 | 12,20 | 13,43 | 14,59 | 13,28 | 12,36 | 14,87 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | —     | 1,74  | 2,49  | 1,40  | 1,69  | 1,38  | 2,66  | 2,70  | 1,50  | 2,48  | 1,33  | 0,02  |
| FeO . . .                            | 13,83 | 0,67  | 0,10  | 2,40  | 3,13  | 2,38  | 2,86  | 3,18  | 4,98  | 5,82  | 0,86  | 5,63  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | 0,07  | —     | 0,07  | 0,07  | —     | —     | —     | 0,04  | 0,12  |
| MgO . . .                            | 6,21  | 3,54  | 1,98  | 4,88  | 3,23  | 4,89  | 4,57  | 6,09  | 6,07  | 5,62  | 1,49  | 5,22  |
| CaO . . .                            | 11,34 | 5,96  | 6,27  | 8,45  | 8,13  | 8,45  | 9,82  | 10,66 | 12,88 | 12,57 | 5,17  | 12,95 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 1,12  | 3,95  | 4,06  | 3,74  | 4,54  | 3,75  | 3,95  | 3,46  | 1,77  | 3,09  | 5,00  | 3,84  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,47  | 0,74  | 0,76  | 1,14  | 1,15  | 1,15  | 1,84  | 0,90  | 0,95  | 1,19  | 2,25  | 2,43  |



| Nr. | Gestein                      | Ort   | Lagerung   | Mineralzus.                       | Mag-<br>ma | L     | M     | Q     | A     | C     | K <sub>2</sub> O<br>Or | Na <sub>2</sub> O<br>Ab | oder<br>An | Analytiker |
|-----|------------------------------|---|------------|-----------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------------------------|------------|------------|
| 1   | Andesit                      | Batoe dodol, Balistrasse  |            |                                   | IV 7       | 41,60 | 48,32 | 10,08 | 1,59  | 7,22  | 9,6                    | 21,2                    | 69,2       | E. Stöhr   |
| 2   | Dazit                        | Kampong Dijah, Soembawa   |            |                                   | IVa 9      | 61,96 | 9,49  | 28,55 | 4,69  | 6,56  | 9,0                    | 52,0                    | 39,0       | Tillmans   |
| 3   | Dazit                        | Sapeh, Ostküste, Soembawa                                       | alpliozän  |                                   | IVa 9      | 62,52 | 7,11  | 30,37 | 4,82  | 5,99  | 10,0                   | 52,0                    | 38,0       | Tillmans   |
| 4   | Amphibolandesit              | Tandjoeng Santigi, Soembawa                                     | pleistozän |                                   | IVa 7      | 65,48 | 18,32 | 16,20 | 4,88  | 6,61  | 13,6                   | 45,7                    | 40,7       | A. Lindner |
| 5   | Biotitangitandesit           | Kawinda, Tamboro, Soembawa                                      | pleistozän |                                   | IVa 7      | 71,52 | 15,98 | 12,50 | 5,69  | 6,50  | 13,7                   | 50,0                    | 36,0       | Tillmans   |
| 6   | Andesit                      | Tandjoeng Lok Soembawa  |            |                                   | IVa 7      | 65,56 | 18,40 | 16,04 | 4,90  | 6,59  | 14,6                   | 45,8                    | 39,6       | A. Lindner |
| 7   | Andesit                      | Ndano Donggo Massiv,<br>Soembawa                                | pliozän    |                                   | IVa 7      | 71,96 | 21,82 | 6,22  | 5,79  | 6,41  | 20,0                   | 44,4                    | 35,6       | A. Lindner |
| 8   | Labradorandesit              | Koka, Triboelan, Soembawa                                       |            |                                   | IV 7       | 71,16 | 21,72 | 7,12  | 4,36  | 9,07  | 10,0                   | 40,0                    | 50,0       | A. Lindner |
| 9   | Labradorandesit              | Fluss Gapit, Soembawa   |            |                                   | IV 7       | 69,24 | 24,12 | 6,64  | 2,72  | 11,87 | 11,5                   | 20,7                    | 67,8       | A. Lindner |
| 10  | Labradorandesit              | Doro Kompo, Nordostsoembawa                                     | pliozän    |                                   | IV 5       | 70,24 | 30,02 | —     | 0,26  | 4,28  | 9,00                   | 13,7                    | 51,1       | Tillmans   |
| 11  | Pyroxenamphibol-<br>andesit  | Osthang Doro, Santigi 100 m<br>Sangar, Soembawa                 | pleistozän | Lab., Amphib.,<br>Aug., Erz, Ap., | IVa 7      | 78,44 | 5,37  | 16,19 | 7,25  | 5,11  | 23,0                   | 51,0                    | 26,0       | Joh. Jakob |
| 12  | Plagioklashasalt?<br>Banakit | Lavastrom Laboe Bili, Nordost-<br>ecke, Küste, Sangar, Soembawa | pliozän    | Lab., Aug., Ol.,<br>Mt., Ap.,     | IIa 3      | 84,56 | 30,74 | —     | 15,30 | 6,27  | 8,60                   | 2,43                    | 3,84       | Joh. Jakob |

Literatur: 1. E. Stöhr, Abh. Senckenb. Naturf. Ges. 1874, 9, S. 17.

2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10. G. Rack. N. Jahrb. f. Min. BB. 34, 1912, S. 47, 50, 56,

2, 54, 63.

11., 12. Z. f. Vulk. 1918, IV, S. 307.



Auf der Westinsel sind die grossen Vulkanruinen Batu-Lanteh und das Sagenges-Massiv zu nennen. Nach Elbert beginnen die Eruptionen Anfang Miozän mit den Olivinaugitandesiten des Sagengesvulkans, auch „Nephelinandesit“ gibt er an. Über diesen Laven liegen z. T. Foraminiferenmergel. Dann folgen die Hornblendeandesite des Pusuh-Sanakringvulkans und die Hornblendeandesite des Sekedet. Der Batu Lantehkegel ist das letzte Produkt, Alter pliozän.

Auf der Ostinsel nimmt die Donggolvulkanruine das Bergland westlich von Bima ein. Sie besteht nach Elbert aus drei Teilen, der Quellung des Sorimandi Peak (Leuzittephrit), einem jüngeren Ringgebirge, der Roösolungga und anderen Gipfeln und zuletzt dem Wadundangga 1570 m mit anderen Gipfeln. Die Laven folgten in der Reihenfolge Leuzittephrit, Augithornblendeandesit, Hornblendeaugitandesit und endlich Olivinaugitandesite. Sie kommen noch vor Schluss des Pliozän zur Ruhe.

Östlich von Bima liegt eine Reihe von Vulkanruinen wie Kolo 585 m, Tjêwu, Ro 770 m, Maria 1500 m usw.

Was die Tektonik der Insel Soembawa betrifft, so durchzieht die Insel nach Elbert im Streichen des burmanischen Bogens, der Anfang Miozän angelegt wurde, von der Taliwangbai im Westen bis zur Waworadabai im Osten ein ostwestlich streichendes Grabensystem, das in der zweiten Hälfte des Pliozän einbrach. Die Querbrüche streichen z. T. nordnordöstlich—südsüdwestlich wie die Alasstrasse zwischen Lombok und Soembawa, die Bima- und Tjempibai. Aus der Tatsache, dass an der Alasstrasse die die Verwerfung begleitenden Quarzgänge miozäne und pliozäne Vulkanbildungen noch durchsetzen, muss auf das pleistozäne Alter der Alasstrasse geschlossen werden. Diese Brüche setzen die Makassarstrasse zwischen Borneo und Celebes gegen Süden fort. Das zweite System von Querbrüchen streicht Nordwest—Südost und Nordost—Südwest, so Salehbai und Sapehstrasse zwischen Soembawa und Flores. Auch dieses System ist offensichtlich jünger. Die Fortsetzung der Spalten ist auf Soemba zu suchen. Während des Pleistozäns erreichten die Senkungen der Insel Soembawa wenigstens 304 m.

Tabelle S. 238 gibt ein Bild von der Zusammensetzung der Laven.

### XIII. Sundabogen.

Die Fortsetzung des ostjavanischen Bogens, der in Java bis zum Idjenmassiv verfolgt wurde, setzt über die Balistrasse nach Bali fort.

Die Insel besitzt drei grössere Vulkane:

Kara Assam, ferner Agoeng (Karang) 3200 m mit Eruptionen aus den Jahren 1808; 16. März 1821; 1843 fand ein Aschenausbruch statt, es kam zur Effusion von Lava, die am Nordhang herabfloss.



Goenoeng Batoer. Ausbrüche werden gemeldet aus den Jahren 1821 16. März; 1897; 1904; 1905 ein starker Aschen- und Lavaausbruch. Für gewöhnlich werden nur Fumarolen ausgehaucht.

Weiter führt der Bogen zur Insel Lombok.

### L o m b o k.

Die Insel besitzt zwei grosse Vulkane, die durch den Ost—West verlaufenden Bondoeri-Rücken verbunden sind:

1. den Rindjani 3775 m,
2. das Sembâlungebirge.

Das Rindjanimassiv besteht aus drei Kalderen, die in Ostwestrichtung exzentrisch ineinander geschachtelt sind. Am ältesten ist die Sangkareang-Kaldera 3065 m, 13 : 9 km. Auf ihrem Rande reiten im Westen der Boenangmängekessel, im Osten das jüngste Gebilde, die Segare-Anak-Kaldera, 9 : 5,5 km. Auf dem Rande dieser Kaldera reitend, erhebt sich der Rindjanikegel 3775 m mit einer Haube von ganz jungen Auswürflingen. Den Boden der Kaldera nimmt ein See ein. Exzentrisch im Osten steigt der Vulkankegel des Baroe 2342 m auf, neben dem Rindjani das aktive Zentrum des Vulkans.

Vom Rindjani-Baroe sind folgende Eruptionen bekannt geworden: vom Rindjani 10. bis 12. Okt. 1847; Aug. 1884;

vom Baroe: 30. Nov. 1900 mit Lavastrom; 1. Juni 1901 leichtere Aschenexplosion; 20. April 1906 9 Uhr 15 Min. nachm.

Das Rindjanimassiv ist aus Laven, Breccien, Agglomeraten von Augitandesiten aufgebaut.

Das Sembâlungebirge besteht aus einer Doppelkaldera. Im Süden aus der Bumbungkaldera, höchste Spitze Poessoek 1635 m, und im Norden aus dem älteren Lawangkrater. Im ersteren herrschen Augitandesite, in letzterem Hornblendeandesite.

Die Reihenfolge der Bildungen vollzog sich in drei Etappen:

1. Lawangvulkan, dann Bumbung mit Orientierung Nord-Süd, Sangkareang mit Orientierung Ost-West, Hornblendeandesite, Augitandesite;
2. Bondoerirücken und Segare-Anak, Orientierung Ost-West, glimmer- und olivinreiche Augitandesite, Augitandesite;
3. Baroe und Rindjanispitze Augitandesite.

Tektonisch besteht Lombok aus einem westöstlich streichenden Graben innerhalb der burmanischen Faltung und Querbrüchen mit Nordsüd, Nordost-Südwest (Makassarbrüche) und anderen Streichrichtungen.

Elbert machte Mai 1909 am Baroe und Rindjani eine Reihe von magnetischen Inklinationsbestimmungen. Die Isoklinale 33 Grad südlich verläuft nahe der Nordküste von Lombok, die von 33 Grad 30 Min.



südlich durch Mittellombok, gegen Baroe und Rindjanivulkan steigt die Inklination. Segare-Anak 1975 m 37 Grad südlich, Baroe 2342 m 37 Grad 44 Min. südlich, Poessoek 1635 m 37 Grad 14 Min. südlich, südlich des Rindjanikraters 3061 m 38 Grad 12 Min., in der Kraterschlucht 3130 m 38 Grad 25 Min. südlich. Er schliesst aus diesen zu hohen Werten, dass im Rindjani- und Sembälungebirge zwei flüssige Magmaherde stecken, der eine unter dem Baroe, der andere unter der östlichen Kraterschlucht am Plawangän-Selong zwischen Rindjani Poessoek (Sembälunmassiv). Am Südabhang des Gebirges wurden zu kleine Werte beobachtet, ehe die normalen Werte wieder erreicht wurden.

Diese Beziehungen zwischen Vulkanismus und Erdmagnetismus bedürfen weiterer Klärung.

### Soembawa.

Weiter führt der Bogen nach der West- und Südhälfte der reichgegliederten Insel Soembawa. Tätige Vulkane sind nicht mehr vorhanden.

Es sind folgende vulkanische Einheiten zu unterscheiden, die aber schon vor der Pleistozänzeit zum Abschluss kamen.

Die Tatargruppe an der Südküste der Westinsel an der Tatarbai, die altmiozäne Plangpang-Vulkanruine auf der Verbindungsbrücke beider Inselhälften und endlich die jungmiozäne Mata vulkanruine auf der Ostinsel im Südostzipfel der Salehbai.

Es scheint der tätige pazifische Bogen auf Soembawa unterbrochen zu sein. Aber auf der nächsten Insel Flores setzen tätige Vulkane wieder ein.

### Flores.

Die geologische Kenntnis dieser Insel ist noch eine recht lückenhafte. Die grosse Insel Flores wird von Westen nach Osten von einer Kor-dillere, dem Grenzgebirge, durchzogen, die nach Elberts Untersuchungen in Mittelflores aus miozänen Sedimenten besteht. Jungvulkanische Intrusivgesteine sind bei der Faltung emporgedrungen und haben die tertiären Lapillisandsteine und Tuffbreccien im Kontakt verändert. Gegen die Endebai nach Süden sinkt das Land in einer Flexur ab. Die Faltung ist präpliozän oder höchstens präobermiozän, also im Miozän erfolgt.

Es sind an Vulkanen zu nennen:

Goenoeng Rokka 2420 m (Siboga) ein grosses vulkanisches Massiv, von einer Tätigkeit ist nichts bekannt.

Goenoeng Keo (Amboe Rombo) (2000 m Siboga, 2149 m Elbert) soll Fumarolentätigkeit seit 1888 besitzen; Vulkan Egong 1888—1891; 1892; 28. Sept. 1907 und Vulkan Kokkir, ein Doppelvulkan.

In der Endebai liegen die beiden Inselvulkane Ija (Yetja) und Poei.

Der Vulkan Ija 635 m ist auf einer Halbinsel gelegen.



Ausbrüche: Mai 1844; Jan. 1867; 4. Mai 1868; 1. Sept. 1871; 1882; Dez. 1888.

Poei 405 m liegt auf einer Insel Poeloe-Ende, in der Endebai, er war nach Wichmann 1671 tätig. Der Boeriweikegel ist das jüngste Zentrum.

Es folgen an der Südküste das Ndonavulkanmassiv mit den Gipfeln Geli Moctoe 1484 m, Geli Bara 1731 m und Geli Nabe. Nach Gründlers Untersuchungen ist dieser Vulkan noch tätig. Elbert erwähnt noch im Westen der Endebai, von Norden nach Süden die offenbar an einer Nordsüdspalte liegenden erloschenen Vulkane:

Geli Ndora, Geli Keridoa 1419 m, Ngaroe Tangi 1537 m.

An der Südküste liegt noch der Goenoeng Dobbo (Iliang), dagegen auf der Nordküste an der Bai von Geliting in der Landschaft Maumeri das grosse Vulkanmassiv des Kimang Boleng.

Der grösste und tätigste Vulkan auf der Ostecke von Flores ist der Lobe Tobi (Laki Laki) in Larantoega 2263 m, ein Doppelkegel. Der zweite Gipfel ist der Parampuwan 2170 m. Ausbrüche des Vulkans werden erwähnt: Juli 1859; 4. und 18. Mai 1861; 4. Mai 1865; Juli 1868; 7. und 27. Aug. 1869; 1888; 28. Sept. 1907 Lava; 1909; Jan. und Febr. 1910; 14. Febr. 1910 Lava.

Goenoeng Leworoh westlich Kabelo; 16. März 1881 Explosionsausbruch.

#### Adonara.

Die nächste Insel im Verlauf des Bogens ist Adonara, die den Goenoeng Boleng 1500 m (Wokka, Lahamelang) trägt. September bis Oktober 1885 rauchte der Berg. Auf Solor herrschen Andesitkonglomerate.

#### Lomblen.

Weiter trägt die Insel Lomblen einen tätigen Vulkan auf der Nordostspitze Lobetoll (Lobétolé) 1420 m.

Verbürgte Ausbrüche sind erfolgt: 6. Okt. 1849; 5. und 6. Okt. 1852; 2. Juni 1899.

Verbeek nennt Goenoeng Këdang 1440 m, 6. Oktober 1849 rauchend, Lamararap 1638 m und Lamoejang 1042 m.

Nördlich von Lomblen liegt der interessante Inselvulkan Komba Batoetara (Poeloe Kambing II).

Wichmann charakterisiert ihn treffend als den indischen Stromboli. Der Vulkan ist dauernd tätig und zwar meist in strombolianischer Phase. Am 2. Aug. 1850 floss ein 30 m breiter Lavastrom den Hang herab bis zum Strande. 1851 erfolgten alle 10 bis 20 Min. Explosionen. Über den petrographischen Charakter seiner Laven ist nichts Näheres bekannt; vielleicht tragen dieselben atlantischen Charakter?



## Flores und Ambon. III.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3                                    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10     | 11     | 12    |
|--------------------------------------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 80,76 | 65,48 | 63,80                                | 60,34 | 55,52 | 54,49 | 49,70 | 49,26 | 78,01 | 76,51  | 75,62  | 75,84 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,92  | 0,83  | 2,23                                 | 0,93  | 0,63  | 1,25  | 2,18  | 1,31  | Sp.   | 0,03   | —      | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | 0,18                                 | —     | 0,15  | 0,28  | —     | —     | —     | —      | —      | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 9,21  | 14,37 | 13,32                                | 15,58 | 17,42 | 16,89 | 14,70 | 18,30 | 12,10 | 12,37  | 11,50  | 9,96  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,40  | 3,51  | 3,29                                 | 4,24  | 5,14  | 4,88  | 5,28  | 4,95  | 0,77  | 0,48   | —      | 0,49  |
| FeO . . .                            | 0,36  | 3,09  | 2,30                                 | 2,66  | 5,39  | 5,44  | 7,98  | 5,89  | 0,93  | 1,58   | 1,39   | 1,71  |
| MnO . . .                            | —     | —     | 0,24                                 | —     | 0,05  | 0,04  | —     | —     | —     | —      | —      | —     |
| MgO . . .                            | 0,32  | 1,09  | 2,32                                 | 2,39  | 3,30  | 3,35  | 3,24  | 1,36  | 0,20  | Sp.    | 0,39   | 0,18  |
| CaO . . .                            | 2,07  | 4,58  | 4,63                                 | 5,45  | 8,12  | 8,49  | 9,30  | 8,83  | 0,70  | 0,95   | 1,95   | 1,11  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,46  | 4,20  | 3,13                                 | 3,24  | 2,47  | 2,39  | 3,53  | 4,01  | 2,82  | 4,21   | 3,17   | 1,82  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,40  | 0,72  | 1,53                                 | 1,37  | 0,77  | 0,94  | 0,51  | 0,70  | 3,66  | 4,96   | 4,68   | 2,26  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,31  | 1,73  | 1,34                                 | 0,69  | 0,36  | 0,87  | 1,06  | 2,57  | 0,65  | 1,43   | 1,65   | 5,36  |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —     | —     | 0,19                                 | —     | 0,34  | 0,12  | —     | —     | —     | —      | —      | —     |
| Sonst. Gew.                          | —     | —     | SO <sub>3</sub> = 0,40<br>BaO = 0,70 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —      | —     |
| Sa.                                  | 99,70 | 99,60 | 99,60                                | 96,89 | 99,80 | 99,67 | 97,38 | 97,18 | 99,84 | 102,52 | 100,35 | 98,73 |
| Spez. Gew.                           | 2,61  | 2,61  | 2,72                                 | 2,71  | 2,8   | 2,81  | 2,94  | 2,77  | —     | —      | —      | —     |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 85,68 | 73,12 | 71,49 | 69,01 | 62,19 | 61,23 | 57,01 | 58,93 | 84,47 | 81,77 | 81,87 | 86,22 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,73  | 0,67  | 1,68  | 0,79  | 0,54  | 1,08  | 1,87  | 1,17  | —     | 0,03  | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | 0,07  | —     | 0,06  | 0,14  | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 5,75  | 9,45  | 8,81  | 10,48 | 11,48 | 11,19 | 9,92  | 12,88 | 7,73  | 7,78  | 7,34  | 6,66  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,16  | 1,48  | 1,41  | 1,82  | 2,15  | 2,09  | 2,22  | 2,27  | 0,33  | 0,19  | —     | 0,21  |
| FeO . . .                            | 0,32  | 2,88  | 2,15  | 2,53  | 5,04  | 5,06  | 7,63  | 5,87  | 0,84  | 1,40  | 1,24  | 1,62  |
| MnO . . .                            | —     | —     | 0,20  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 0,51  | 1,81  | 3,90  | 4,10  | 5,71  | 5,66  | 5,58  | 2,44  | 0,33  | —     | 0,65  | 0,30  |
| CaO . . .                            | 2,35  | 5,50  | 5,85  | 6,68  | 9,60  | 10,25 | 11,43 | 11,32 | 0,84  | 1,09  | 2,27  | 1,35  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,55  | —     | 3,36  | 3,59  | 2,69  | 2,63  | 3,92  | 4,64  | 2,93  | 4,35  | 3,38  | 2,00  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,95  | 0,54  | 1,08  | 1,00  | 0,54  | 0,67  | 0,37  | 0,53  | 2,53  | 3,39  | 3,25  | 1,64  |



| Nr. | Gestein            | Ort                           | Lagerung  | Mineralzus. |
|-----|--------------------|-------------------------------|-----------|-------------|
| 1   | Verkieselter Dazit | Langawekafluss, Flores        | subrezent |             |
| 2   | Dazit              | Manoe-Balafuss, Flores        |           |             |
| 3   | Dazit              | Ndoerafluss, Flores           |           |             |
| 4   | Dazit              | Ndoerafluss, Flores           |           |             |
| 5   | Andesit            | Kampong Gadja, Flores         |           |             |
| 6   | Labradorandesit    | Vulkan Bara, Flores           |           |             |
| 7   | Augitandesit       | Manoe-Balafuss, Flores        |           |             |
| 8   | Augitandesit       | Otawekafluss, Flores          |           |             |
| 9   | Ambonit            | Wai Polang, Leitimor, Ambon   |           |             |
| 10  | Ambonit            | Wai Polang, Leitimor, Ambon   |           |             |
| 11  | Ambonit            | Embonangfälle, Taisouiffuss " |           |             |
| 12  | Obsidian           | Wai Toulou, Hitou, Ambon      |           |             |

| Nr. | Mag-<br>ma | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | t    | Analytiker    |
|-----|------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|---------------|
| 1   | III 8      | 41,00 | 3,86  | 55,14 | 4,50 | 1,25 | 19,2 | 69,3 | 11,5 | —    | Tillmans      |
| 2   | IVa 9      | 58,16 | 11,66 | 30,18 | 5,09 | 4,36 | 6,9  | 63,0 | 30,1 | —    | "             |
| 3   | IVa 9      | 53,00 | 15,46 | 31,54 | 4,44 | 4,37 | 16,4 | 50,8 | 32,8 | —    | A. Lindner    |
| 4   | IVa 7      | 60,28 | 14,84 | 24,88 | 4,59 | 5,89 | 13,3 | 48,1 | 38,6 | —    | Tillmans      |
| 5   | IV 7       | 58,84 | 24,20 | 16,96 | 3,23 | 8,25 | 6,8  | 37,0 | 56,2 | —    | A. Lindner    |
| 6   | IV 7       | 57,96 | 26,16 | 15,88 | 3,30 | 7,89 | 9,7  | 36,1 | 54,2 | —    | A. Lindner    |
| 7   | IVa 7      | 56,84 | 38,02 | 5,14  | 4,29 | 5,63 | 5,6  | 55,0 | 39,4 | —    | Tillmans      |
| 8   | IVa 7      | 72,20 | 23,84 | 3,96  | 5,17 | 7,71 | 5,6  | 51,7 | 42,7 | —    | D. Funk       |
| 9   | III 8      | 48,47 | 2,34  | 49,19 | 5,46 | 0,84 | 43,1 | 50,0 | 6,9  | 1,43 | S. J. Vermaes |
| 10  | III 8      | 62,08 | 4,90  | 33,02 | 7,74 | 0,04 | 43,6 | 56,4 | 0,0  | —    | D. Funk       |
| 11  | III 8      | 55,88 | 6,90  | 37,22 | 6,63 | 0,71 | 46,5 | 47,9 | 5,6  | —    | O. Brunek     |
| 12  | III 8      | 36,19 | 3,84  | 59,97 | 3,64 | 1,35 | 37,2 | 46,5 | 16,3 | 1,67 |               |

Literatur: 1—8: G. Rack, N. J. f. Min. BB. 34, 1912, S. 77, 75, 79, 81, 82, 76, 77; 9—12: R. D. M. Verbeek, Jahrb. Mijnw. 34, 1905, S. 230, 233.

### Pantar.

Die Insel besitzt einen nicht tätigen Gipfel nahe der Südküste und mehrere alte Eruptionspunkte, im ganzen sechs.

1. Ist ein alter eingestürzter Vulkan 103 m, der von einem älteren Ringwall 300 m umgeben wird.

2. und 3. Längs der Ostküste folgen zwei kleinere erloschene Vulkane.



Auf der Südküste endlich sind hervorzuheben:

der Zwillingsvulkan Gunung Iljasi a wieng 600 m und Gunung Dëlaki 976 m. Der erstere ist stark zerstört. Lavaströme gehen von ihm aus und erreichen das Meer. Letzterer zeigt noch Spuren einer älteren Kraterumwallung.

Der noch in solfatarischer Tätigkeit befindliche Schlund ist der Gunung Api. Er war zuletzt im März und April 1899 etwas lebhafter tätig. Sein Gestein gehört dem Basalt an.

Hiermit hören die tätigen Vulkane des Sumatra-Javabogens auf.

Tëwëring  $\pm$  250 m trägt eine Kraterruine aus Pyroxenandesit (Verbeek). Poera-besar (Hoog-eiland)  $\pm$  600 m ist gleichfalls eine Kraterruine aus Pyroxenandesit. Poera ketjil  $\pm$  400 m, ein Vulkan mit Sommarand und jüngerem Eruptionskegel.

#### Alor (Ombai).

Auf dieser Insel treten Gesteine des alten Untergrundes zutage. Granite (Tonalite), Melaphyre. Andesitbreccien spielen im Hangenden eine grosse Rolle. Vulkanische Formen sind nicht deutlich. Der einzige noch zum Teil erhaltene Vulkan ist der Pic von Alor 1655 m auf der Ostseite. Er ist eine bereits stark zerstörte Vulkanruine. In seinen Tuffen fand man Hornblendeandesit und Pyroxenandesit.

Kambing I zwischen Alor und Wetar trägt einen alten Vulkan von  $\pm$  1000 m und mit pyroxenandesitischer Zusammensetzung.

Von Pantar bis Roma stellt sich nun eine sehr auffällige Lücke ein. Das ist die Stelle, wo die Timorkordillere sich dem Bogen am stärksten nähert.

Auf Timor existieren nach Molengraff keine tätigen Vulkane. Die Erscheinungen, die vulkanischen Vorgängen zugeschrieben werden, sind pseudovulkanischer Natur.

Timor ist ein anderes Gebiet. Von besonderem Interesse sind die atlantischen Gesteine wie Comendite und Shonkinite usw., die neben Alboraniten festgestellt wurden. (Vgl. Analysen von Timorgesteinen, Tabelle S. 247).

Alor hat einen alten Hornblendeandesitvulkan in seinem Pik. Wetar besteht hauptsächlich aus Quarzporphyr, keine Spuren von Jungvulkanen sind zu finden. Roma hat nur heisse Quellen.

#### XIV. Der Bandabogen.

Fast zu einer geschlossenen Ellipse biegt sich der Bandabogen zurück und umschliesst die Bandasee, welche bis — 5266 m herabgeht.

Die Timorkordillere bildet den äusseren konzentrischen Ring. Über die Keinseln schwenkt dieser Faltenbogen nach Ceram und Boeroe ein.



Timor.

A. Gewichtsprocente.

B. Molekularprocente.

|                                | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5                      | 6      | 7                      | 1                              | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|--------|------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 70,76               | 65,10               | 63,65               | 51,74               | 43,70                  | 45,70  | 44,63                  | SiO <sub>2</sub>               | 79,63 | 72,44 | 69,57 | 58,50 | 50,26 | 50,71 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,49                | 0,39                | 0,36                | 0,73                | 2,15                   | 3,46   | 4,25                   | TiO <sub>2</sub>               | 0,41  | 0,33  | 0,29  | 0,62  | 1,86  | 2,88  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —                   | —                   | Sp.                 | Sp.                 | 0,66                   | 0,26   | 0,09                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —     | —     | —     | 0,32  | 0,12  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,16               | 14,10               | 16,54               | 15,86               | 14,98                  | 15,40  | 13,77                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,73  | 9,23  | 10,63 | 10,55 | 10,14 | 10,05 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7,00                | 2,70                | 0,95                | 4,39                | 5,38                   | 5,67   | 5,60                   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,95  | 1,13  | 0,39  | 1,86  | 2,32  | 1,15  |
| FeO                            | 0,63                | 1,71                | 4,69                | 4,39                | 5,44                   | 5,67   | 5,60                   | FeO                            | 0,59  | 1,58  | 4,27  | 4,14  | 5,22  | 5,24  |
| MnO                            | 0,16                | —                   | 0,28                | 0,26                | 0,06                   | 0,26   | 0,08                   | MnO                            | 0,15  | —     | 0,26  | 0,25  | 0,05  | 0,24  |
| MgO                            | 0,49                | 2,45                | 2,43                | 5,73                | 7,45                   | 9,02   | 4,47                   | MgO                            | 0,82  | 4,08  | 3,98  | 9,72  | 12,85 | 15,01 |
| CaO                            | 0,65                | 1,55                | 6,49                | 10,07               | 9,64                   | 7,55   | 7,96                   | CaO                            | 0,86  | 1,85  | 7,65  | 12,22 | 11,88 | 8,97  |
| Na <sub>2</sub> O              | 5,53                | 5,45                | 2,61                | 1,54                | 3,02                   | 3,12   | 4,20                   | Na <sub>2</sub> O              | 6,02  | 5,87  | 2,76  | 1,68  | 3,36  | 3,35  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,57                | 4,92                | 0,29                | 0,64                | 2,38                   | 3,22   | 2,65                   | K <sub>2</sub> O               | 1,84  | 3,49  | 0,20  | 0,46  | 1,74  | 2,28  |
| H <sub>2</sub> O               | 0,88                | 2,10                | 1,23                | 2,60                | 5,27                   | 3,90   | 4,04                   |                                |       |       |       |       |       |       |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,57                | —                   | 0,45                | 2,05                | —                      | —      | —                      |                                |       |       |       |       |       |       |
| Sonst.                         | Cl = 0,04 F = 0,02  | Cl = 0,11 F = 0,05  | Cl = 0,11 F = 0,05  | Cl = 0,10 F = 0,03  | CO <sub>2</sub> = Sp.  | —      | CO <sub>2</sub> = 1,34 |                                |       |       |       |       |       |       |
| Gem.                           | S = 0,06 BaO = 0,12 | S = 0,08 BaO = 0,06 | S = 0,11 BaO = 0,02 | S = 0,11 BaO = 0,02 | CO <sub>2</sub> = Sp.  | —      | CO <sub>2</sub> = 0,95 |                                |       |       |       |       |       |       |
|                                | SrO = 0,03          | SrO = 0,05          | SrO = 0,05          | SrO = 0,02          | SO <sub>3</sub> = 0,11 | —      | —                      |                                |       |       |       |       |       |       |
| Sa.                            | 100,16              | 100,47              | 100,31              | 100,28              | 100,24                 | 100,05 | 100,43                 |                                |       |       |       |       |       |       |
| Sp. (Gew.)                     | —                   | —                   | —                   | —                   | 2,98                   | —      | —                      |                                |       |       |       |       |       |       |

| Nr. | Gestein                | Ort                                  | Lage-<br>rung | Mineralzus.  | Mag-<br>ma | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O od.<br>Or Ab An | Anlaytiker |               |
|-----|------------------------|--------------------------------------|---------------|--|------------|-------|-------|--------|------|------|--|------------|---------------|
| 1   | Comendit               | Manneafuss, Timor                    | —             | {<br>Anorthokl. Natronor.<br>Aug., Erz, Sericit<br>Chlorit | II 8       | 53,84 | 12,85 | 33,31  | 6,73 | 1,13 | 26,9   | 73,1       | E. W. Moreley |
| 2   | Quarzarmer Comendit    | Zwischen Turbaba und Haumeni,        | —             |  | II 6       | 73,84 | 15,80 | 10,36  | 9,36 | 0,13 | 37,2   | 62,8       | F. Pisani     |
| 3   | Andesit                | ? Timor                              | [Timor]       |  | IV 7       | 54,30 | 17,20 | 28,68  | 2,96 | 7,65 | 3,0  | 41,2       | E. W. Moreley |
| 4   | Andesit                | ? Timor                              | —             |  | IV 7       | 50,76 | 35,84 | 13,40  | 2,14 | 8,41 | 6,7  | 37,3       | 56,0          |
| 5   | Basalt (Trachydolerit) | Masfluss, Timor                      | —             | {<br>Or. Plag. Titang. Bar-<br>kev. Bi. Erz                | III 3      | 60,96 | 49,92 | —10,88 | 5,10 | 5,04 | 1,74   | 3,86       | O. Pufahl     |
| 6   | Shonkinit              | Noil Nimassi, Haumani-Kaoneke        | —             |  | III 3      | 62,72 | 50,08 | —12,80 | 5,63 | 4,42 | 2,28   | 3,35       | F. Pisani     |
| 7   | Shonkinit              | Noil Banarette, b. Parite, Westtimor | —             |  | III 3      | 65,64 | 41,80 | —7,44  | 6,81 | 2,79 | 2,00   | 4,81       | O. Pufahl     |

Literatur: 1: Washington II, S. 339; Nr. 10. — 2: H. A. Brouwer, C. B. f. Min. 1913, S. 52; — 3-4: Washington II, Nr. 82, 83; — 5-7: A. Wichmann, Gesteine von Timor, Samml. Geol. Reichsmuseum, Leiden 1882-87, S. 128, S. 87.



Westlich der Keinseln fällt der Meeresboden bis — 6504 m. Im Norden verläuft auf der Rückseite der Ceram-Boeroe-Kordillere eine erloschene Andesitzone, die Ambonzone. Auf Amblau fand Verbeek Hornblende- und Pyroxenandesite (Alboranite?) Auf Ambon kommt auf dem südlichen Anhängsel Leitimor, die alte Gneisunterlage zum Vorschein. Die Nordhälfte Hitu besteht nach Verbeek aus Melaphyren und sauren andesitischen Gesteinen (Verbeeks Amboniten). Der Wawani, der ein Vulkan sein sollte, und dem Ausbrüche zugeschrieben worden sind, ist kein jüngerer Vulkan, wie Wichmann gezeigt hat. Die Zone setzt sich zu den Uliasser Inseln Haroeke, Saparoea, Noesa fort. Ihre Tuffe sind z. T. submariner Entstehung. Das Alter dieser Andesite ist strittig. Verbeek ist geneigt, diese Gesteine für kretazäisch, Martin, sie für tertiär anzusprechen. Wie unsicher aber die Altersbestimmungen noch sind, beweist ein Fund von Böhm von jurassischen Belemniten und Perisphincten in einem Tuffit auf Hitu, in dem Osann Bruchstücke von Augit, Hypersthen, braungüne Hornblende, Biotit, Plagioklas, also die andesitischen Komponenten feststellen konnte.

Am Südrand des Bandabeckens bauen sich die Inseln Maepoera 303 m und Roma 700 m nach Verbeek aus vulkanischen Breccien und Lapilli unter Korallenkalken auf, auch Pyroxenandesitlaven kommen zum Vorschein. Auf Roma reichen die Korallenriffe bis 535 m. Die Andesite sind sehr glasreich und offenbar submariner Entstehung. Heisse Quellen sind die einzigen Spuren des Vulkanismus. Die Analogie zwischen dem nördlichen und südlichen Ringstück ist auffallend.

Eine Verbindung oder Unterbrechung einer fortlaufenden Zone zwischen Banda- und Sundabogen besteht nicht.

Die Quarzporphyre, die Elbert auf Wetar fand, möchte ich gewissen Amboniten von Leitimor (Analyse Nr. 9—11, Tabelle S. 245) gleichsetzen, Alter vielleicht mesozoisch wie die Diabase, glasigen Melaphyre und Bronzitandesite daselbst. Wir hätten dann im Bandabogen das Bild einer konzentrischen Einengung des Vulkanismus mit der Zeit vor uns.

Die tätigen Vulkane krönen den innersten Bandabogen. Es sind: Daam (Dammer, Wuarlili, Loolsuni 850 m). Ein alter Kegel, dessen Osthälfte eingestürzt ist, von Korallen eingesäumt. Drei neuere Kegel erheben sich in ihm. Die Gesteine sind Pyroxenandesite. Ausbrüche sind vom 5. Juni 1892 bekannt. Gewöhnlich ist die solfatarische Tätigkeit sehr rege.

Teon (Teau, Tiau) mit dem Vulkan Vunuweri, ein Kegelberg 775 m aus pyroxenandesitischem Material. 11. Nov. 1659; 1660; 1693; 3. Juni 1904 sind Ausbruchsjahre explosiver Ausbrüche.

Die nun folgende Insel Nila (Nika)  $\pm$  700 m trägt den Somma-



vulkan Kokon mit Solfataren und Fumarolen. Am 8. Dez. 1903 wurde seine Tätigkeit lebhafter als gewöhnlich.

Seroeo besitzt den kleinen Eruptionskegel Legetala 650 m, ein alter Ringwall aus pyroxenandesitischer Lava umgibt ihn. Vom Hauptkrater flossen zwei Lavaströme nach Osten. Bekannt geworden sind folgende Eruptionen: 1683; 15. Juni **1687**; 4. Juli bis Juni **1693**. Der Ausbruch begann mit Explosionen, es bildete sich später ein Lavasee. Aug. 1844 bis Jan. 1845; 1859; 1899 solfatarische Tätigkeit.

Manoek besitzt einen einfach gebauten Vulkankegel 260 m. 28. Sept. 1874 und 11. April 1899 stärker solfatarisch tätig. Die Gesteine sind Pyroxenandesite.

Die Bandainseln sind ein Komplex von etwa einem Dutzend grösserer und kleinerer Inseln.

Einen sehr tätigen Vulkan trägt Gross-Banda, den Goenoeng Api. Api heisst „Feuerberg“ und kehrt häufig als Vulkanbezeichnung wieder, was zu mancherlei Verwechslungen Anlass gibt. Seine Ausbrüche hat Wichmann zusammengestellt: 17. April 1586; 1598 stark tätig 17 Jahre lang; 1609; 1615; 1632; 1683; 1690—1696; 27. Juni bis 9. Juli 1712; 19. April bis Okt. 1765; 1766; 6. Febr. 1773; 1775; 11. Juni bis 8. Aug. 1820 mit einem Trümmerlavastrom bis zum Meere, die Phase war anscheinend die strombolianische. 1824—1831; Sept. 1841; Okt. 1853; Dez. 1858; 30. Jan. 1856; 18. Jan. 1857; Okt. 1859; Febr. 1860; 15. Mai 1887; 23. Nov. 1890.

Sapper bemerkt zur Tätigkeit des Api auf Banda, dass eine Reihe von Tätigkeitsperioden von sehr ungleicher Länge den Berg charakterisieren, die Intensität der Ausbrüche war indess sehr gering.

Von den Bandainseln führt ein submariner Rücken, der „Sibogarücken“, zu den drei Schildpat- und vier Luciparainseln, Koralleninseln, die möglicherweise auf submarinen Vulkanspitzen aufsitzen, und schliesslich, die Ellipse beinahe schliessend, zum Goenoeng Api bei Wetar  $\pm$  275 m (Verbeek), 420 m (Seekarte). Der abgestumpfte Kegel trägt einen Gipfelkrater. Sehr viel kompakte Pyroxenandesitlava beteiligt sich an dem Aufbau. 1699 rauchte der Berg stark.

### Rückblick.

Versucht man wie auf S. 144 auch für die malayische Scholle den vulkanischen Rückgangindex zu ermitteln, so erhält man die Zahlen der auf S. 250 folgenden Tabelle.

Hier fällt zunächst die Übereinstimmung der Indizes des Vulkanbogens des pazifischen Randes, der äusseren wie der inneren auf. Zwei Drittel der Vulkane sind erloschen. Derselbe Index wurde auch für den Fujibogen ermittelt. Es darf für alle auf gleiche Abkühlungsdauer, also



## Die Einengung des Vulkanismus der „Malayischen Scholle“.

| Vulkanbogen               | Zahl der Vulkan-<br>einheiten | Erlöschene<br>Vulkane | Solfatarische<br>Vulkane | Explosive<br>Vulkane | Explosive und<br>effusive Vulk. | Solfatarische<br>Vulkane Proz. | Explosive<br>Vulkane Proz. | Explosive und<br>effusive Vulk.<br>Prozent. | Erlöschene Vulkane<br>Prozent. | Bemerkungen                          |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|
| Äusserer pazifischer Rand |                               |                       |                          |                      |                                 | %                              | %                          | %   | %                              |                                      |
| Marianenbogen . . . . .   | 12                            | 9                     | 2                        | 2                    | —                               | 16,7                           | 16,7                       | —   | 66,6                           |                                      |
| Innerer pazifischer Rand  |                               |                       |                          |                      |                                 |                                |                            |   |                                |                                      |
| Batanesbogen . . . . .    | 17                            | 11                    | 1                        | 5                    | —                               | 6                              | 29,4                       | —   | 64,6                           |                                      |
| Taalzone . . . . .        | 9                             | 6                     | 1                        | 2                    | —                               | 11,1                           | 22,2                       | —   | 66,7                           |                                      |
| Albayzone . . . . .       | 9                             | 6                     | 2                        | —                    | 1                               | 22,2                           | —                          | 11,1  | 66,7                           |                                      |
| Biliran-Leytezone . . . . | 6                             | 4                     | 2                        | —                    | —                               | 33,3                           | —                          | —   | 66,7                           | { Statistik<br>unvollkommen          |
| Halmaherabogen b. Makjan  | 18                            | 12                    | —                        | 5                    | 1                               | —                              | 27,7                       | 5,5   | 67,8                           |                                      |
| Indischer Rand            |                               |                       |                          |                      |                                 |                                |                            |   |                                |                                      |
| Sumatra . . . . .         | 117                           | 106                   | 3                        | 7                    | 1                               | 2,7                            | 6,4                        | 0,9   | 90                             |                                      |
| Danoegruppe, Java . . .   | 11                            | 10                    | 1                        | —                    | —                               | 9,9                            | —                          | —   | 90,1                           |                                      |
| Westjavanischer Bogen . . | 54                            | 40                    | 7                        | 4                    | 3                               | 13                             | 7                          | 6   | 74                             |                                      |
| Ostjavanischer Bogen . .  | 38                            | 23                    | 5                        | 8                    | 2                               | 14                             | 21                         | 5   | 60                             |                                      |
| Innenzonen                |                               |                       |                          |                      |                                 |                                |                            |   |                                |                                      |
| Negros-Zamboanga-Zulu .   | 9                             | 5                     | 2                        | 2                    | —                               | 22,2                           | 22,2                       | —   | 55,6                           | { Statistik<br>unvollkommen          |
| Macaturinbogen . . . .    | 4                             | 2                     | 1                        | 1                    | —                               | 25                             | 25                         | —   | 50                             | { Statistik<br>unvollkommen          |
| Sangir-Minahassa . . . .  | 40                            | 23                    | 4                        | 9                    | 4                               | 10                             | 22,2                       | 10  | 57,8                           |                                      |
| Bandabogen . . . . .      | 12                            | 5                     | 4                        | 1                    | 2                               | 34,4                           | 8,6                        | 17,2  | 39,8                           | { Die Bandagruppe<br>mit 4 Einheiten |
| Sundabogen . . . . .      | 32                            | 18                    | 3                        | 8                    | 3                               | 9,4                            | 25                         | 9,4   | 56,2                           |                                      |
| Atlantische Reg. Ostjavas | 13                            | 10                    | —                        | 2                    | 1                               | —                              | 16                         | 9   | 76                             |                                      |

auf Gleichzeitigkeit des pazifischen Abbruchs geschlossen werden. Besonders interessant ist der Abbruch des Indischen Ozeans. Die Abkühlung ist in den Horstgebieten Sumatras am weitesten vorgeschritten = 90 %. Die Danoegruppe Nordjawas erweist sich tektonisch als noch zu Sumatra gehörig. Die Scholle senkt sich gegen Südwesten. In demselben Sinn ändern sich die Indizes. Für den westjavanischen Bogen wurden 74 %, für die ostjavanische atlantische Region 76 % ermittelt. Der ostjavanische Bogen erreicht 60 %, Werte die noch unter die des pazifischen Randes fallen. Vielleicht ist dieser Abbruch etwas jünger als der pazifische Rand. Sumatra und Java sind die am besten erforschten Teile der malayischen Scholle, und es sind daher die gewonnenen Zahlen am zuverlässigsten, zumal die Zahl der Vulkane gross ist. Der Streifen der durch das Innere der Philippinenwelt, über die Celebes- und Molukkensee zur Bandaregion führt, besitzt niedrige Indexzahlen. Wenn auch bei der mangelhaften Kenntnis dieser Regionen die Statistik nicht sehr zuverlässig ist, so kann



man doch vielleicht auf eine kürzere Abkühlungsdauer bei tiefem Niveau schliessen. Die Bewegungen sind relativ jung, was man auch aus anderen Anzeichen schliessen darf. Der Sangir-Minahassabogen erreicht nur 57% erloschene Vulkane. Auffallend niedrig ist die Indexziffer für den Sunda- und Bandabogen 50% und ca. 40%. Das sind die Bögen im Rückland der Timorkordillere.

Die auf diesem Wege gewonnenen Schlüsse stehen nicht im Widerspruch mit den geologischen Vorstellungen und bestätigen sie, ein Beweis, dass man den Rückgangindex benutzen kann, um die Gleichzeitigkeit von tektonischen Vorgängen in weit auseinanderliegenden Gebieten wahrscheinlich zu machen, für die beim Fehlen verbindender Zwischenglieder sonst eine Parallelstellung nicht zu erweisen ist.

### Literatur.

#### Marianen.

L. M. Cox. The Island of Guam. Bull. of the American Geogr. Society, 36, 1904, Nr. 7, S. 385—395, 1 Karte.

H. Costenoble. Die Marianen. Globus, Braunschweig 1905, 88, S. 4—9, 72 bis 81, 92—94.

M. Friederichsen. Die Karolinen. Mitt. Geogr. Ges. in Hamburg 1901, 17.

Fritz. Bericht über die Insel Rota (Marianen). Mitt. v. Forschungs- u. Gelehrten aus den Deutschen Schutzgebieten. Berlin 1901, 14, S. 194—202.

Fritz. Reise nach den nördlichen Marianen. Mitt. v. Forschungs- u. Gelehrten aus den Deutschen Schutzgebieten. Berlin 1902, 15, 2. Heft. S. 96—118.

E. Kaiser. Beiträge zur Petrographie und Geologie der Deutschen Südseeinseln. Jahrb. preuss. geol. Landesanstalt f. 1903, 24, S. 91—121, 2 Tafeln, 1 Kartenskizze.

J. Kubary. Die Palauinseln in der Südsee. Journ. des Museums Godefroy, 1873, I, 4. Heft, S. 30—31.

K. Oebbeke. Beiträge zur Petrographie der Philippinen und Palauinseln. N. Jahrb. f. Min. B. B. I, 1881, S. 492—495.

G. Schott u. P. Perlewitz. Lotung im westlichen Stillen Ozean. Archiv der Deutschen Seewarte 29, 1906, Nr. 2.

H. Seidel. Der geologische Aufbau der deutschen Marianeninsel Saipan. Geogr. Anzeiger Gotha, 1904, 5, S. 217—220.

E. Suess. Antlitz der Erde III 2, S. 336—339.

Supan. Die Insel Guam. Peterm. Geog. Mitt. 51, 1905, S. 40—41, Tafel 3.

G. Volkens. Über die Karolineninsel Yap. Verh. Ges. f. Erdkunde Berlin, 28, 1901, Nr. 1, S. 64, 1 Karte.

A. Wichmann. Zur geol. Kenntnis der Palauinseln. Journ. d. Museum Godefroy, III, Heft 8, 1875, S. 255—259.

#### Halmahera.

E. Gogarten. Die Vulkane die nördlichen Molukken. Zeitschr. f. Vulk. IV., 1918, S. 211—305. Mit ausführlicher Literatur. Ferner Ergänzungsband II zur Zeitschr. f. Vulkanologie. 1918.

R. D. M. Verbeek. Rapport sur les Moluques. Edition française du Jaarboek van het Mijnezen in Nederlandsch Oost-Indië. XXXVII, 1908. Partie scientifique. Batavia 1908. Mit Atlas, 844 Seiten.



J. Wanner. Einige geologische Ergebnisse einer im Jahre 1909 ausgeführten Reise durch den westlichen Teil des indoaustralischen Archipels. Vorläufige Mitteilung. Zentralbl. f. Min. 1910, Nr. 5, S. 137—147.

A. Wichmann. Der Ausbruch des Vulkans Tolo auf Halmahera. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 49, 1897, 152—159.

Der Wawani auf Amboina und seine angeblichen Ausbrüche. III. Tijdschrift v. h. K. Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap Leiden, 1899, S. 112—122, Karte II.

### Philippinen.

E. Abella y Casariego. Monographia Geológica del Volcan de Albay ó El Mayon. Transact. Seism. Soc. Japan, Tokyo 1883, 5, S. 19—39. — La Isla de Bilirán y sus Azufrales. Bol. del Comm. del Mapa geol. de España 1884, 11, S. 359—367, 1 Karte. — Emanaciones Volcánicas subordinales al Malinao (Filipinas). Bol. del Comm. del Mapa geol. de España 1884, 11, S. 395—404. — El Monte Maquiling (Filipinas) y sus actuales emanaciones volcánicas. Bol. del Comm. del Mapa geol. de España 1884, 11, S. 371—391. — El Mayon ó Volcan de Albay (Filipinas). Bol. del Comm. del Mapa geol. de España 1884, 11, S. 405—423.

G. J. Adams. Geological Reconnaissance of the Island of Leyte. With notes and Observations on the adjacent smaller Islands and Southwestern Samar. — The Philippine Journ. of Science A Vol. IV., Nr. 5, Sept. 1909, Manila, S. 339—356, Plate I. — Geological Reconnaissance of Southwestern Luzon. The Philippine Journ. of Science V A, 1910, S. 57, 113. Tafel I—XIII. 2 Karten.

G. J. Adams und Wallace Pratt. Geological Reconnaissance of Southeastern Luzon. The Philippine Journ. of Science, VI A, 1911, S. 449—480. Tafel I—IV. 3 Textfig.

F. R. Bacon. The Waters of the Crater Lakes of Taal Volcano with a note on some Phenomena of Radioaktivität. The Philippine Journ. of Science Vol. I, 1906, Nr. 4, S. 433—437. — The Crater Lakes of Taal Volcano. The Philippine Journ. of Science A, Vol. II, 1907, S. 115—126. Plates I—VI.

G. F. Becker. Report on the Geology of the Philippine Islands. U. S. Geol. Survey, 21 Ann. Rep. Part. 3, 1901, S. 493—614. 2 maps, 1 pl. Enthält eine vollständige Literaturzusammenstellung.

J. Centeno. Memoria geológico-minera de las Islas Filipinas. Bol. de la Com. del mapa Geol. de España 1476, III, S. 181—234. Karte.

A. J. Cox. The Composition of the fine Ejecta and few other inorganic factors of Taal Volcano. The Philippine Journ. of Science 1911, VI A, S. 93—97.

R. v. Drasche. Ausflüge in die Vulkangebiete der Umgegend von Manila. Verh. K. K. geol. Reichsanstalt 1876, Nr. 4, S. 89—93. — Einige Worte über den geologischen Bau von Süd-Luzon. Tscherms. Min.-petr. Mitt. 1876, 6, S. 157—166. 4 Tafeln, 1 Karte. — Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon (Philippinen). 4<sup>o</sup>. Wien 1878. 74 S.

A. J. Eveland. Notes on the Geology and Geography of the Baguio Mineral District. The Philippine Journ. of Science, A, Vol. II, Nr. 4, 1907, S. 270—233. Plates I—XI. 3 Fig. im Text.

F. Warrens D. Smith und Fr. F. Eddingfield. Additional Notes on the economic Geology of the Baguio Mineral District. The Philippine Journ. of Science VI, 4, 1911, S. 429—445.

H. G. Ferguson. Note on the Occurrence of Rhyolite in Cebu. The Philippine Journ. of Science A, Vol. II, 1907, S. 407—410. Plate I, 1 Fig. im Text. — A geological Reconnaissance of the Batanes Islands. Far Eastern Review 1907, 4, S. 152—153. — The Sulphur Deposits of Camiguin Island. Far Eastern Review 1907, 4, S. 153 bis 155. — Contribution to the Physiography of the Philippine Islands. — II. Batanes Is-



lands. The Philippine Journ. of Sciences A, 1908, Vol. III, Nr. 1, S. 1—25. Plates I—IX. Fig. 1—4, Maps 1—3. — Physiography of the Philippine Islands III. Western Masbate. The Philippine Journ. of Science, A, 1909, IV, Nr. 1, S. 1—17. Plates I—III. — The Geology and Mineral Resources of the Aroyo Distrikt, Masbate. The Philippine Journ. of Science VI, A, 1911, S. 397—424. Tafel I—III. 2 Karten.

M. Goodman. A Reconnaissance from Davao, Mindanao over the Divide of the Sahuy River to Butuan including a Survey from Davao to Mati. Narrative of the Expedition. The Philippine Journ. of Science A, Vol. III, Nr. 6, 1908, S. 501—510. Plates I—II.

F. v. Hochstetter. Schreiben an Alexander v. Humboldt. K. K. Akad. d. Wiss. Wien 1859, 36, S. 121—141.

F. Yagor. Reisen in den Philippinen. Berlin 1873. 382 S.

H. M. Ickis. A geological Reconnaissance from Infanta, Tayabas to Tanay. Rizal. The Philippine Journ. of Science Vol. IV, Nr. 5, 1909, S. 483—487.

J. P. Iddings siehe Warren Smith.

B. Kotô. On the Geological Structure of the Malayan Archipelago. The Journ. of the College of Science Imp. University of Tokyo, Japan 1899, Vol. XI, Part. 2, S. 83—120. — Notes on the Geology of the Dependent Isles of Taiwan. Ibidem. Vol. XIII, 1900, S. 1—56. Pl. I—V.

Ch. Martin. Observations on recent Eruption of Taal Volcano. The Philippine Journ. of Science VI, A, 1911, S. 87—90. Tafel I—VII.

E. D. Merrill. The Ascent of Mount Halkon, Mindoro. The Philippine Journ. of Science Vol. II, A, Nr. 3, 1907, S. 179—203.

H. Meyer. Dr. Hans Meyers Reisen im nördlichen Luzon (Philippinen). Globus 43, 1883, Nr. 11, S. 171.

K. Oebbecke. Beiträge zur Petrographie der Philippinen und Palauinseln. N. Jahrb. f. Min. B. B. 1, 1881, S. 451—501.

A. Perry. Documents sur les tremblements de Terre et les phénomènes volcaniques dans l'archipel des Philippines. Extrait des Annales de la Société d'émulation des Vosges. 3 Part., 1860, 110 S.

Wallace E. Prath. The Eruption of Taal Volcano January 30, 191. The Philippine Journ. of Science VI, A, 1911, S. 63—83. Tafel I—IX, 3 Karten.

J. Roth siehe Yagor.

C. Semper. Die Philippinen und ihre Bewohner. Würzburg 1869, 143 S., 2 Karten.

Warren D. Smith. Petrography of some Rocks from Benguet Province, Luzon. The Philippine Journ. of Science, A, Vol. II, 1907, Nr. 3, S. 235—252. — The Asbestos and Manganese Deposits of Ilocos Norte, with Notes on the Geology of the Region. Ibidem. A, 1907, Vol. II, Nr. 3, S. 145—147. — Contributions to the Physiography of the Philippine Islands. IV. The Country between Subig and Mt. Pinatubo. Ibidem. A, Vol. IV, 1909, Nr. 1. S. 19—23.

Warren D. Smith und J. P. Iddings. The Philippine Islands. Handbuch der Regionalen Geologie von Steinmann und Wilckens VI, 5, Heidelberg 1910.

Warren D. Smith. The Geology of Luzon. The Journ. of Geology Vol. XXI, 1, 1913, S. 29. — The essential Features of the Geology of the Philippine Islands. The Philippine Journ. of Sciences V, A, 1910, S. 307—342.

E. Suess. Das Antlitz der Erde. II, 213—217. III 3 336, 339, 390.

#### Celebes.

E. C. Abendanon. Middon-Celebes Expeditie. Leiden 1915—1918.

Ahlburg. Über den geologischen Aufbau von Nordcelebes. Monatsbl. d. D. geol. Ges. 1910, Nr. 3, S. 191—202. — Der Vulkan Soputan in der Minahassa (Nord-



celebes). Monatsbl. d. D. geol. Ges. Nr. 11, 1910, S. 665—668, und 1911, Nr. 8—10, S. 505—507.

H. Bücking. Leuzitbasalt aus der Gegend von Pangkadjene in Südcelebes. Berichte d. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 11, 1899, S. 78—84. — Beiträge zur Geologie von Celebes. Sammlungen des geolog. Reichsmuseums in Leiden 1902, Ser. I, 7, Heft I, S. 29—197. Tafel III—VI. 1 Karte. — Petermanns Geogr. Mitt. 45, 1899, S. 249—260, 273—280. — Zur Geologie des nordöstlichen Indischen Archipels. Sammlungen des geolog. Reichsmuseums in Leiden VII, Heft 3, 1907, S. 231—253, und Nachtrag ibidem. S. 221—224.

Elbert. Die Sundaexpedition des Vereins für Geographie und Statistik zu Frankfurt a. M., 2 Bd., 1911/12.

A. Frenzel. Mineralogisches aus dem ostindischen Archipel. 8. Celebes. Tscherm. Min. petr. Mitt. N. F. 3, 1881, S. 289—300.

L. Hoeke. Verslag omtrent eene Reis naar den Vulkan „Awoe“ op het eiland Groot-Sangi. Natuurk. Tijdschrift v. Nederl. Indie 53, 1893, S. 162—171.

Franz Junghuhn. Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart. Ins Deutsche übertragen von J. K. Hasskarl. II, 1857, S. 845.

M. v. Komorowicz. Vulkanoseismische Studien im Norden Australasiens. Das Vulkangebirge des Soepoetans in der Minahassa (Nordcelebes). Zeitschr. f. Vulk. II 1915/16, S. 99—128.

B. Kotô. On the geologic structure of the Malayan Archipelago. The Journ. of the Coll. of Science Imperial University of Tokyo, Japan 1899, 11, S. 83—120.

G. A. F. Molengraaff. Über die Geologie der Umgegend von Nordcelebes und über die dort vorkommenden goldführenden Erzgänge. Zeitschr. f. prakt. Geologie. Berlin 1902, 10, S. 249—257.

F. Rinne. Skizzen zur Geologie von Minahassa in Nordcelebes. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 52, 1900, S. 327—347. Tafel XII—XIII. — Beitrag zur Petrographie der Minahassa in Nordcelebes. Sitzungsber. kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. math.-phys. Cl. Berlin 1900, S. 474—503.

P. und F. Sarasin. Materialien zur Naturgeschichte der Insel Celebes. IV. Entwurf einer geographisch-geologischen Beschreibung der Insel Celebes. Wiesbaden 1901. 10 Tafeln, 3 Karten, 344 S. Enthält eine vollständige Literaturzusammenstellung. Anhang III. C. Schmidt. Untersuchung einiger Gesteinssuiten, gesammelt in Celebes von P. und F. Sarasin. 28 S.

P. und F. Sarasin. Reisen in Celebes, ausgeführt in den Jahren 1893—1896 und 1902—1903. 2 Bd., 381 S. 12 Tafeln. Wiesbaden 1905.

P. Sarasin. Zur Tektonik von Celebes. Monatsbl. d. D. geol. Ges. 64. Bd., 1912, S. 226—245.

R. D. M. Verbeek. Molukken Verslag geologische verkenningstochten in het oostelyke gedeelte van den Nederlandsch Oostindischen Archipel. Jahrb. v. h. Mynwez in Nederlandsch Oost-Indie. Batavia 1908, 37. Wetensch. Ged. S. 1—826, I—XIII. 10 Tafeln und Atlas mit 2 Karten und 18 Beilagen. Ref. N. Jahrb. f. Min. 1909, I, S. 242.

A. Wichmann. Petrographische Studien über den indischen Archipel. I. Leuzitgesteine von der Insel Celebes. Natuurk. Tijdschrift voor Nederlandsch Indie 53, 1893, S. 315—331. — Die Binnenseen von Celebes. Peterm. Geogr. Mitt. 39, 1893, S. 224 bis 231, 253—259, 277—282. — Über den Ausbruch des Gunung Awu am 7. Juni 1892. Zeitschr. D. geol. Ges. 45, 1893, S. 543—646. — Zur Geologie der Minahassa. Peterm. Geogr. Mitt. 46, 1900, S. 19—20. — Der Vulkan der Insel Una-Una (Nany-una) im Busen von Tomini, Celebes. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 54, 1902, S. 144—158. 2 Fig. — Über den Vulkan Soputan in der Minahassa. Monatsbl. d. D. geol. Ges. 1910, Nr. 8/9, S. 589—595.



## Sumatra.

H. Bücking. Zur Geologie von Nord- und Ost-Sumatra. Sammlungen d. geol. Reichsmuseums in Leiden 1904, 8, 1—101.

J. Erb. Beiträge zur Geolog. und Morphologie der südlichen Westküste von Sumatra. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1905, S. 251—284.

B. G. Escher. Veranderingen in de Krakatagroup na 1908. I. Nederl. Ind. Natuurwet. Congres Weltevreden 1919, 3.—6. Okt. — Excursie-Gids voor Krakatau. I. Nederl. Ind. Natuurwet. Congres Weltevreden 1919, 3.—6. Okt.

R. Fennema. Topographische en geologische beschrijving van het noordlijk gedeelte van het gouvernement Sumatras westkust. Jaarboek van het Mijneuzen in Nederlandsch Oost-Indie, XII, 1887. Wetenschappelijk gedeelte, S. 129—252. Geologische Karte 1:500 000.

B. Hagen. Eine Besteigung des Vulkans Kaba auf Sumatra. Globus 1911, 79, S. 245—250, 267—273, 278—281.

R. Hirschi. Geologische Reiseskizze durch das äquatoriale Sumatra. Tijdschrift K. Nederlandsch Aardrijkk Genootschap 2. Serie 32, 1915, S. 476—508.

H. Hoppe. Über Andesite der Vulkane Sago, Merapi, Manindjau und Kaba auf Sumatra. Inaug.-Diss. Breslau 1903.

F. R. Mallat, J. R. Hobday. The Volcanoes of Barren Island and Narcondam, in the Bay of Bengal. Mem. Geol. Surv. India 21, 1885, S. 251—286.

L. Milch. Über Gesteine von der Battakhochfläche (Zentralsumatra). Zeitschr. D. geol. Ges. 1899, 51, S. 62. — Beiträge zur Petrographie der Landschaft Ulu Rawas, Südsumatra. N. Jahrb. f. Min. B. B. 18, 1904, S. 409—451.

H. Stegmann. Die jungen Ergussgesteine der Battakländer (Sumatra). N. Jahrb. f. Min. B. B. XXVII, 1909, S. 401—459.

A. Tobler. Einige Notizen zur Geologie von Südsumatra. Verhandl. Naturf. Ges. Basel XV, 1903, S. 275 ff. — Über den Deckenban im Gebiet von Djambi, Sumatra. Verhandl. Naturf. Ges. Basel 1917, 28, S. 123—143.

R. D. M. Verbeek. Topographische en geologische beschrijving van en gedeelte van Sumatras westküst. Batavia 1883, 674 S. — Topographische en geologische beschrijving van Zuid-Sumatra, bevattende de residentien Bengkoelen, Palembang en de Labongsche distrikten. Jaarb. v. h. Mijneuzen Wetensch. G. 1881, S. 1—225. — Krakatau. Batavia 1886, 567 S. Mit Atlas. Der Ausbruch des Krakatau ist in diesem Werk monographisch behandelt. Die Literatur über denselben ist umfangreich und es kann daher hier nur auf die Verbeekse Darstellung verwiesen werden.

W. Volz. Der malayische Archipel. Sein Bau und Zusammenhang mit Asien. Phys. med. Societät in Erlangen 44, 1912, S. 178—204. — Die geomorphologische Stellung Sumatras. Geogr. Zeitschr. 1909, S. 1—12. 2 Tafeln. — Zur Geologie von Sumatra. Geol. palaeont. Abhandl. von E. Koken. N. F. 6, Jena 1904, S. 158. — Vorläufiger Bericht über eine Forschungsreise zur Untersuchung des Gebirgsbaues und der Vulkane von Sumatra in den Jahren 1904—1906. Sitzungsber. kgl. Akad. d. Wissensch. Berlin, math.-phys. Kl. 1907, VI, S. 127—140. — Die Anordnung der Vulkane auf Sumatra. Jahresb. der schles. Ges. f. vaterl. Kultur. Naturw. Sektion 24. Juli 1901. — Die Battakländer in Zentralsumatra. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde 1907, S. 662. — Nordsumatra. I. Die Battakländer. II. Die Gajoländer. Dietrich Reimer, Berlin, 1909—1912.

A. Wichmann. Über die Vulkane von Nordsumatra. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1904, 56, S. 227—239. 1 Tafel. 1 Fig.

## Java.

J. van Baren. De vulkanen van Nederlandsch Indie, Encyclopädie van Nederlandsch Indie, Leiden.



- G. Du Bois. Die Keloet-Eruption vom 23. Mai 1901. *Peterm. Geogr. Mitt.* 1912, 48, S. 44—45.
- A. Brun. Quelques recherches sur le volcanisme aux volcans de Java. IV. *Arch. des Sciences phys. et. nat. de Genève* 1909.
- H. A. Brouwer. De Raoeng en zijn jongste eruptie. *Natuurk. Tijdschrift voor Nederl. Indie*, Deel LXXII, 1913, S. 84—96.
- B. E. Escher. De Kloet. *Waterstraats Ingenieur* Nr. 7.
- R. Fennema. „De vulkanen Seméroe en Lemongan“. *Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. Oostindie*, 15. Jaarg., *Wetensch. Ged.* 1886, S. 5—130.
- E. Fürst. Der Vulkan Lemongan (auf Java). *Naturw. Wochschr.*, Berlin 1898, 13, S. 112—113.
- Franz Junghuhn. Java. Seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart. Übersetzt ins Deutsche von J. K. Hasskarl. Bd. 1—3. Leipzig 1857. Atlas.
- K. Sapper. Bemerkungen über einige javanische Vulkane und über A. Bruns Untersuchungen. *Zentralbl. f. Min.* 1909, S. 609—615.
- J. A. Stigand. The Volcano of Smeroe, Java. *Geogr. Journ.* London 1906, XXVIII, S. 615—624.
- E. Stöhr. Der Vulkan Tengger auf Ostjava. *Dürkheim* 1862. — Die Provinz Banjuwangi in Ostjava mit der Vulkangruppe Idjen-Raun. *Abh. Senckenb. Ges.* 1874, IX.
- R. D. M. Verbeek et R. Fennema. Description géologique de Java et Madoura. Amsterdam 1896. — Die Geologie von Java. *Peterm. Geogr. Mitt.* 1898, 44, S. 25—33.
- W. Volz. Der Vulkan Papandajan in Westjava. *N. Jahrb. f. Min. B. B.* XX, 1905, S. 123—132.
- A. Wichmann. Über den Vulkanausbruch auf Java im Jahre 1593. *Zeitschr. D. Geol. Ges.* 1903, 55. *Briefl. Mitt.* S. 48—49. — Der Ausbruch des Gunung Ringgit auf Java 1593. *Zeitschr. D. Geol. Ges.* 52, 1900, S. 640—660. — Der angebliche Schlammausbruch des Gunung Salak im Jahre 1699. *N. J. f. Min.* 1896, II, 1.

#### Sunda- und Bandabogen.

- Elbert. Die Sundaexpedition des Vereins für Geographie und Statistik zu Frankfurt a. M. 2. Bd., 1911/12.
- K. Martin. Reisen in den Molukken, in Ambon, den Uliassern, Seran (Ceram) und Buru. *Geologischer Teil I—III*, Leiden 1897—1903, 296 S., 6 Karten und XV Tafeln. — Einige Worte über den Wawani sowie über Spaltenbildungen und Strandverschiebungen in den Molukken. *Tijdschr. v. h. K. Nederlandsch Aardrijkskundig Genootsch.* 1899, 36 S.
- J. L. C. Schroeder van der Kolk. Beiträge zur Kenntnis der Gesteine aus den Molukken. I. Gesteine von Ambon und den Uliassern. *N. J. f. Min.* 1896, I, S. 152—157. — Mikroskopische Studien über Gesteine aus den Molukken. *N. J. f. Min.* 1896, II, 441, 1899, II, S. 84.
- R. D. M. Verbeek. Molukken Verslag. Geologische verkenningstochten in het oostelyke gedeelte van den Nederlandsch Oostindischen Archipel. *Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederlandsch Oostindie*. Batavia 1908, 37, *Wetensch. Ged.* S. 1—86. *Tafel I—XLVI*. Atlas. 2 Karten und Beilagen. *Ausführl. Referat.* *N. J. f. Min.* 1909, I, S. 242. — Rapport sur les Moluques. Edition française du *Jaarboek v. h. Mijnwezen in Nederlandsch Oostindie*. Tome XXXVII, 1908. *Partie scientifique*. Mit Atlas. Ist das wichtigste Quellenwerk des Gebiets, enthält zahlreiche Literaturnachweise.
- J. Wanner. Geologische Mitteilungen aus dem Indoaustralischen Archipel. *N. J. f. Min., B. B.* XXIV, 1907, S. 133—140.
- A. Wichmann. Der Wawani auf Amboina und seine angeblichen Ausbrüche III. *Tijdschrift v. h. K. Nederlandsch Aardrijkskundig Genootsch.* 1899, II. Ser., 16, S. 109—142.



#### IV. Kapitel.

### Der pazifische Rand Australiens.

#### 1. Geologischer Ueberblick.

Dem australischen Kontinent ist im Norden die grosse Insel Neuguinea vorgelagert, die mit ihren charakteristischen Umrisslinien an die Gestalt eines Vogels erinnert. Trotzdem die Erforschung der Insel vor dem Kriege grosse Fortschritte gemacht hatte, reicht unsere Kenntnis noch lange nicht aus, um ein einigermaßen abgeschlossenes Bild ihres Baues zu entwerfen. Ein grosses jungliches Faltengebirge durchzieht den Rumpf der Insel. Vereinzelte Gipfel dieser zentralen Kordillere erreichen trotz ihrer Lage unter dem Äquator die ewige Schneegrenze. Wie noch zuletzt die deutsche Expedition nach dem Kaiserin Augustafluss gezeigt hat, besteht dieselbe aus mehreren parallelen Faltenzügen. Tonschiefer, Phyllite und ältere Eruptivgesteine bauen das Gebirge im wesentlichen auf. Das Westende des Charles-Louisgebirges streicht gegen den Mc. Cluergolf aus. Nur wenige Beobachtungen über Alter und Faltungsrichtung liegen vor.

Schlumberger fand bereits 1894 die sog. Alveolenkalke auf der Südseite des Mc. Cluergolfes steil gefaltet und nordwestlich streichend. Sie gehören mit Lacazina Wichmanni, Orbitoides und Cycoclypeus in das Eozän; das würde auf eine posteozeäne Faltung hinweisen, also wahrscheinlich gleichaltig mit der Timor-Bandakordillere. Unverkennbar tritt die Tendenz zutage, dass die Leitlinien des Gebirges sich im Westen denen der Bandaregion anschmiegen. Das häufige Vorkommen sog. grüner Gesteine, wie basischer Gabbros, Peridotite u. dgl. im Norden spricht dafür, dass die Faltung von Norden gegen Süden, also gegen den australischen Kontinent erfolgte.

Ein weiteres wichtiges Strukturelement sind ferner die gewaltigen Meerestiefen auf der konvexen Stirnseite des Neu-Pommernbogens. Hier sinkt das Meer bis zu — 9114 m ab. Diese Vortiefe greift in den Hüongolf ein und lässt sich weiter in der Tiefenlinie verfolgen, welche in Gestalt einer sumpfigen Niederung nördlich der Zentralkordillere die ganze Insel durchzieht. Die grossen Ströme der Insel, der Ottilien-, der Kaiserin Augustafluss, der Mamberamo, folgen dieser Niederung auf weite Strecken, um dann die Küstengebirge quer zu durchbrechen.



Die Gebirge längs der Küste müssen ein sehr junges Alter besitzen. Miozäne, ja sogar pliozäne Mergel sind von der Faltung mit betroffen worden. Die längs der Nordküste Neuguineas verlaufende ausserordentlich intensive seismische Zone beweist, dass hier die tektonischen Bewegungen überhaupt noch nicht zur Ruhe gekommen sind. Die Untersuchungen des Belgiers Feuilliteau de Bruyn 1911 bis 1916 zeigten, dass die Fortsetzung des van Reesgebirges quer über Japan nach Soepiori und zu den Pegauinseln verläuft. Dasselbe Anschmiegen an das Bandasystem wird südlich der Gelvinkbai im Hals des Vogels deutlich, ferner im Arfakgebirge und weit gegen Waigoe erkennbar.

Die Konturen von Neupommern entsprechen nicht der inneren Tektonik der Insel, die das Streichen der Küstenkordillere von Neuguinea besitzt. Der Graben muss demnach noch jünger als die Faltung sein. Im Baininggebirge auf Neupommern kommt der ältere Tiefengesteinssockel aus Monzoniten, Dioriten und Gabbros unter den Andesiten zutage. Neumecklenburg ist die Fortsetzung der Gazellehalbinsel. Die z. T. mesozoischen Sedimente des Schleinitzgebirges sind steil gegen Südwest gefaltet, ihre Oberfläche ist verkarstet. Der St. Georgskanal ist ein grabenförmiger Einbruch. Auf der Stirnseite des Neumecklenburgbogens sind Tiefen bis -3000 m gelotet. Der Bogen verläuft über Neuhanover zu den Admiralitätsinseln. Die Fortsetzung des Bogens gegen Süden bilden die Salomoninseln, auf deren Stirnseite sich gleichfalls die schon erwähnte Vortiefe hinzieht. Südwestlich von Bougainville sinkt der Meeresboden bis -8045 m abwärts. Weiter gegen Südosten wird der Graben flacher und fällt bis etwa -6900 m ab.

Doch ehe der Salomonenbogen weiter verfolgt werden soll, muss die Fortsetzung der Zentralkordillere Neuguineas nach Südosten gesucht werden. Ihr flachgelagertes südliches Vorland gehört zu Australien. Die Kordillere tritt in die südöstliche Trafalgarhalbinsel ein; hier ist sie stellenweise unter jungvulkanischen Massen begraben. Ihre letzten Spuren findet man auf dem Lousiadearchipel, auf Tagula (Sudost) und Rossel sind steilstehende Tonschiefer festgestellt worden. Dann versinkt sie im Meer, um erst auf Neukaledonien wieder aufzutauchen.

Nun zurück zu den Salomonen. Der Kern alter Tiefengesteine erscheint auf Bougainville, überlagert von Andesiten und Daciten. Weit verbreitete submarine Andesittuffe, gelegentlich Foraminiferen führend, liegen darüber und bilden die Unterlage der gehobenen Korallenkalke. Dieselben dioritischen Tiefengesteine unter Kalken mit Rhynchonellen erscheinen auf den Shortlandinseln und auf Tauna. Auf Florida



am Mboliharbour stehen Granulite und Serpentine an. Auf den benachbarten grösseren Inseln Guadalcanar und San Christobal sind Diorite, Gabbros, Diabase und Serpentine und Saussuritgesteine verbreitet, ja an der Waimassabai Dioritgneisse. Die ältere Andesitformation ist submarin und gestört, Fallen bis  $35^{\circ}$  gegen Süden.

Die Fortsetzung des Bogens nach Süden bilden die Neuhebriden. Auch an ihrer südwestlichen Stirnseite erscheint wieder der Graben mit Tiefen bis zu — 7570 m. Dank Mawsons vortrefflicher Durchforschung sind für die stratigraphische Eingliederung bessere Unterlagen da. Auf Santo und Efate geben die entblößten Profile gute Auskunft. Die tiefsten Horizonte auf Santo sind die Andesitagglomerate und Tuffe des Puria-Etsadistrikts, wenigstens untermiozän. Es folgen miozäne Kalke mit Lepidocyklinen und Lithotamnien. Das ganze System ist gefaltet, verworfen und gegen Südwest überschoben. Diskordant darüber, aber ebenfalls gestört, liegen die Wai-Bubotuffe, andesitische Agglomerate und submarine Tuffe mit Globigerinen. Dann kommt ein feiner submariner Andesittuff, der sog. Efatespeckstein, der mit Globigerinenschlamm wechsellagert. Sein Alter dürfte als obermiozän anzusprechen sein. Den Abschluss bilden nach oben die in verschiedenen Terrassen gehobenen Riffkalke. Die postmiozäne Faltungsachse verläuft von Santo über Malekula nach Efate, ihr folgen etwa auch die älteren Andesit-eruptionen. Im Mittelpliozän brach der Innenflügel ein, es drangen als Folgeerscheinung Basalte empor. Im Rückland der Neuhebriden liegt der Fijiarchipel, die Reste eines alten Kontinents. Granite, Tonalite, Diorite bauen ihn auf, von Muaniatu stellte Wichmann sogar einen Foyait fest. Darüber liegen diskordant Trachyttuffe, dann die ältere miozäne Andesitformation mit dem charakteristischen Horizont der Fiji-Soapsteine oder Specksteine, der den Efatespecksteinen äquivalent ist.

Westlich des Neuhebridengrabens liegt die langgestreckte Insel Neukaledonien mit einem nordwest-südöstlich streichenden Faltengebirge, das gegen Südwest gefaltet und überschoben ist. An dem Faltenwurf nehmen teil archaische oder präkambrische Schiefer, obere Trias, Jura, Kreide, Eozän. Die Faltung ist also posteozän. Die verbreiteten ultrabasischen Eruptivgesteine sind nach Piroutet nicht nur postmesozoisch, sondern auch jünger als die Faltung. Glaser beobachtete Serpentine über Kreide geschoben. Es steht nichts im Wege, Neukaledonien als Fortsetzung der Zentralkordillere Neuguineas anzusehen, wie Suess es gelehrt hat. Wieder wird der Zusammenhang auf weite Strecken durch das Meer unterbrochen. Das nächste sichtbare Stück ist die Doppelinsel Neuseeland. Nun bestehen zwischen den neuseeländischen Geologen, wie Hector, Park und Marshall, noch tiefe, unausgeglichene prinzipielle Gegensätze in der stratigraphischen Gliederung der Sediment-



formationen, die auf das tektonische Bild, das man sich von der Insel machen kann, nicht ohne Rückwirkung bleiben. Die Besprechung der Insel beginnt am besten mit der Südinsel. Wilckens hat die Anschauungen über die Tektonik kritisch zusammengestellt. In der Südwestecke liegt die aus alten Gneissen bestehende Masse des Fjordlandes, die nach Süden sich in den Stewardinseln fortsetzt. In der Landschaft Nelson in der Nordwestecke der Südinsel stehen Biotitgranite und älteres gefaltetes Silur an. Den Rest der Insel bildet ein Faltengebirge, die „Neuseeländer Südalpen“. An seinem Aufbau beteiligen sich in erster Linie die Maitaischichten, nach Marshall Triasjura, während Park auch noch Karbon und Perm darin zu erkennen glaubt. Die metamorphen Schiefer betrachtet Marshall als Aequivalente der Maitaischichten. Im Süden der Insel streicht in Otago der Otagosattel quer über die Insel und erfährt an der alten Masse des Fjordlandes eine scharfe Umbiegung, ähnlich wie unsere Westalpen. Das Gebirge biegt in die Längsachse der Insel ein, südwestlich bis nordöstlich, um sich dann dem altpaläozoischen Gebirgsblock von Nelson anzuschmiegen und streicht endlich gegen die Cookstrasse aus. Die östlichen Züge, die „Kaikouras“, enden an dieser Strasse in einer Riasküste. Die weitverbreiteten ultrabasischen Gesteine wie Dunit, Peridotite und Harzburgite sind nach Marshall postmaitai, also postjurassisch oder gar posteretazäisch. Sie stehen offensichtlich mit der Faltung in genetischem Zusammenhang. Sie sind wohl gleichaltrig mit den entsprechenden Gesteinen Neukaledoniens.

Es bleibt noch die Frage nach dem Alter und der Richtung der Faltung zu erörtern. Alle Neuseeländer Geologen stimmen darin überein, dass die kritische Zeit der Faltung die Grenze zwischen Maitai und Oamaruformation (älteres Tertiär) gewesen sein muss. Aber im Oamarusystem sind sicher noch obere Kreideschichten enthalten. Somit bestimmt sich die Faltung als postjurassisch, vielleicht untere Kreide. In neuerer Zeit mehren sich jedoch die Beobachtungen, die auf ein jüngeres Datum weisen. Im Bergland von Otago zwischen Mt. Aspiring und Wakalipusee, in der Ben Neviskette sind tertiäre Sedimente mitgefaltet und überschoben worden. An der Monlight-überschiebung finden sich fossilführende Oamarusandsteine in altpaläozoische Schiefer eingeklemmt. Die Ueberschiebungsfläche fällt westwärts ein. Mag selbst der Hauptfaltenwurf in der unteren Kreide fertiggestellt sein, die tektonischen Bewegungen sind erst später zum Abschluß gekommen.

Was nun die Faltungsrichtung betrifft, so lassen sich die ultrabasischen Eruptiva vielleicht mit der Zone von Ivrea vergleichen. Dementsprechend wäre die Faltung von Osten gegen Westen, also gegen den australischen Kontinent erfolgt. Die jungvulkanischen Eruptivmassen der Bankshalbinsel



und der Otagohalbinsel würden mit den vizentinischen Vulkanen und den Eganäen vergleichbar werden. Allein die Vulkane jener beiden Gebiete tragen atlantischen Charakter. Ein ganz anderes Bild gewinnt man, wenn man der älteren Auffassung folgt; die metamorphen Schiefer der Maitaiformation werden den Gneissen des Fjordlandes gleichgestellt. Letztere ziehen dann weiter nach Norden hinauf und erwecken den Eindruck, als wenn zwei Gebirge sich auf der Südinsel scharen, eine Auffassung, die sich Suess zu eigen gemacht hat. Die Faltungsrichtung stellt er sich gegen Osten gerichtet vor. Das Rückland liegt unter der Tasmansee begraben. Mit diesen Vorstellungen stimmt zwar die Fallrichtung der Monlightüberschiebung überein, nicht aber die Faltungsrichtung der übrigen bereits besprochenen australischen Randbögen. Weitere Untersuchungen werden die Klärung bringen müssen.

Wir kommen nunmehr zur Nordinsel. Die Cookstrasse ist ein grosser Bruch. Die oben erwähnten Kaikouras setzen sich jenseits der Strasse in dem nach Nordosten streichenden Ruahinezug fort, der wieder aus vorwiegenden Maitaisedimenten besteht und den südöstlichen Teil der Nordinsel einnimmt. Nach längerer Unterbrechung tauchen Teile dieses Zuges in den Kermadek- und weiter in den Tongainseln aus dem Meere hervor. Längs dem Nordrand des Ruahinezuges verläuft eine Depression, die zum Teil mit jungvulkanischen Massen ausgefüllt ist und die Jungvulkane der Taupo- und Tarawerazone trägt. In ihrem Untergrund sind die Westzüge der Fortsetzung der Südalpen versenkt.

Die Coromandelhalbinsel ist unter mächtigen Andesitdecken und anderen sauren Effusivmassen begraben. Im Nordwesthorn der Nordinsel erscheint der Untergrund nur stellenweise unter der jungen Sedimentbedeckung. Die Umrisse entsprechen aber nicht der inneren Struktur der Halbinsel. Recht verschiedene Streichrichtungen sind beobachtet worden, Süden—Norden, Südsüdost—Nordnordwest, Südost—Nordwest. Suess führte die Leitlinien von Neukaledonien zum Nordwesthorn der neuseeländischen Nordinsel, der Neuhebridenzug würde in die Coromandelhalbinsel einmünden und mit dem Tonga-Kermadek-Ruahinezug auf der Nordinsel eine Virgation der Südalpen bilden, allein das oben erwähnte verschiedene Streichen im Nordwesthorn passt nicht in das Bild. Die grosse Meereslücke macht es unmöglich, den Anschluss an die nördlichen Bögen zu gewinnen.

Nunmehr muss die weitere Fortsetzung aufgesucht werden. Von den Chataminseln kennt man metamorphe Schiefer mit neuseeländischem Streichen südwestlich—nordöstlich, Fallen 30—50° nach Südosten (Maitaischiefer?). Bountyisland besteht aus Biotitgranit, die Antipoden aus Basalt. Die Aucklandinseln bauen sich aus



Granit, Gabbro und Effusivgesteinen auf. Auf Campell stehen ausser Gabbro und untermiozänen Kalken vor allem Trachyte, Phonolithe und atlantische Basalte und dergleichen Eruptivgesteine an. Die Macquarieinseln sind basaltisch. Sie gehören ebenso wie der antarktische Kontinent mit Ausnahme der randlichen Partien von Westantartica dem atlantischen Raume an. Ein altes Tafelland aus Gneissen und kambri-schen Kalken wird diskordant von dem sog. „Beaconsandstein“ überlagert, vielleicht einem Aequivalent der Gondwanaformation. Die antarktischen Jungvulkane sitzen über Grabenbrüchen und tragen ausgesprochenen atlantischen Charakter. Die Antarktanden, die die Verbindung mit den Südamerikanischen Anden herstellen, streichen auf Adelaideland ins Meer aus. Eine gewaltige Lücke klapft im Süden des pazifischen Ozeans. Wilckens zieht die Verbindung zum Otagosattel auf Süd-Neuseeland. Aber ganz abgesehen von der grossen Entfernung, innerhalb der jede Spur einer Fortsetzung fehlt, liegen die atlantischen Phonolithvulkane genau im Streichen dieser hypothetischen Fortsetzung und steht die Beschaffenheit von Chatam und Bounty einer in dieser Richtung gesuchten Verbindung hindernd im Wege. In diesen kurz entworfenen tektonischen Rahmen ist nun der junge Vulkanismus einzufügen.

## 2. Die Vulkanzonen.

### I. Neuguinea.

Abgesehen von der Halbinsel Trafalgar (Britisch-Neuguinea) ist Kaiser Wilhelmsland und der holländische Anteil der Insel frei von sicher verbürgten tätigen Vulkanen. Am 17. April 1700 sah zwar William Dampier am Kap der guten Hoffnung an der Nordwesthalbinsel nach einem starken Erdbeben Feuer. Eine gleiche Beobachtung wurde am 22. Mai 1864 im Arfakgebirge gemacht. Die Angaben lauten zu bestimmt, Dampier muss als erfahrener Beobachter Vertrauen verdienen. Wichmann deutet diese Ereignisse als Waldbrände, da Spuren junger Ausbruchspunkte nicht bekannt geworden sind. Behrmann hält ein Uebergreifen von Feuer in den wassertriefenden tropischen Urwald für völlig unmöglich. Man muss die Frage, ob hier vulkanische Ausbrüche vorliegen, offen lassen, bis diese Gegenden geologisch besser bekannt geworden sind. Behrmann macht ferner darauf aufmerksam, dass nördlich der Schouteninseln unter dem Aequator in  $136\frac{1}{3}^{\circ}$  östl. Länge aus tiefem Meer eine Insel unvermittelt aufsteigt, die kaum etwas anderes als einen jungvulkanischen Kern tragen kann. Der Bogen junger Vulkane verläuft nun erst als Inselkranz längs der Nordküste Neuguineas beginnend mit der Insel Tumleo gegenüber Berlinhafen an der Finschküste. Sieberg nannte diese Vulkanzone den „Rukbogen“.



## a) Der Rukbogen.

Ueber den Beginn der vulkanischen Tätigkeit liegt eine Beobachtung vom Pater Reibler auf Tumleo (Dudemaineinsel, Tamara) vor. Die Nordwestspitze Sol yaliu 80 m besteht aus einer Andesitbreccie, die gleichaltrig mit dem gehobenen Riff ist, das jetzt in 30 und 60 m Höhe liegt. Es folgen die Schouten oder Le Maireinseln. Von Bertrand (Tarawai) und Guilbert (Valise) ist der vulkanische Kern nur zu vermuten, da sie mit Riffbildungen überdeckt sind. Kairiru besitzt eine heisse Quelle von nahezu  $100^{\circ}$  auf der Südseite.

Gressien, Roissy, Debloi, Jacquinot sind z. T. jungvulkanisch. Die Garnotinsel (Bluplup) hat einen stumpfen Kegel 185 bis 250 m. Sie war nach Sapper 1616 und 1830 tätig; die Gesteine sind Olivin führende Hypersthenandesite. Hirti ist der Rest eines alten Kraterrandes. Blossville (Kadovar, Kernar) 310—370 m war 1616 und 1700 tätig, zu Zeiten Dampiers. Lesson 560—620 m ist ein sehr tätiger Vulkan mit einem kahlen Lavastrom bis zum Meere. Sapper vermerkt folgende Ausbrüche: 1616, 1874, 1877 Sept., 1884, 1888, in den 90er Jahren, 1909 19. April und 13. Sept.

Nach Hammer sind Lesson und Dampierinsel synchronisch tätig, während der dazwischen gelegene Hansavulkan Pausen macht.

Hansainsel (Vulkaninsel, Manam) trägt den grössten und tätigsten Vulkan. Seine Basis hat einen Umfang von 20 km, er erreicht eine Höhe von 1700 m (v. Hesse-Wartegg), 1300 m (Krieger). Ein Barranco öffnet sich im Westen gegen das Meer. Sapper zählt folgende Ausbrüche: 1616; 1643; 1830?; 1877 Sept., strombolianische Tätigkeit, alle  $\frac{1}{2}$ —2 Min.; 1885; 1887 27./28. Juni mit Lavastrom; 1888 strombolianisch mit Lava; 1889; 1895; 1901; 1902, Lava; 1909 19. April; 1910 mit Lava bis zum Meer; 1911 Dez. Dampierinsel (Krakar) besitzt einen abgestumpften Kegel mit Parasiten auf dem Westhang. Ausbrüche: 1643; 1700; 1830?; 1895 26. Juni, Aschenausbruch. Richisland, Kroneninsel, beide 600 m, sind Reste von Kraterrändern. Longinsel hat die drei vulkanischen Spitzen, im Norden Réaumure, im Süden Cerify 609 m und im Westen Corizspitze. Lotti 1585 m soll sich im solfatarischen Zustand befinden. Ruk (Rook, Umboi) und Tupinierinsel dagegen sind erloschen. Die Ritterinsel (Vulcanoisland) hat einen tätigen Kegel von 780 m (D'Urville). Dampier fand den Vulkan 1700 25. März in strombolianischer Tätigkeit alle  $\frac{1}{2}$  Minute mit Lavaerguss; 1793 29. Juni mit Lava; 1887. Ein sehr grosser Ausbruch erfolgte 1888 13. März 5 $\frac{1}{2}$  h. a. m., die Explosion liess von der Insel nur einen Kraterrand von etwa 1000 m Höhe übrig. Sapper schätzt das fortgeblasene Volumen auf mehr als  $1\frac{3}{4}$  ckm. Die



15 m hohe Flutwelle brandete gegen Neupommern und forderte die Expedition v. Below und Hunnstein als ihre Opfer. In der Nähe der Dampierstrasse häufen sich die Vulkane.

#### b) Neupommern.

Die Insel trägt sehr viele Vulkane, die aber noch recht dürftig bekannt sind. In der Nähe von Kap Gloucester liegt der regelmässige Kegel des Belowbergs 790 m, ein zweiter Kegel ist ihm aufgesetzt. Der Vulkan ist tätig und hat sogar Lavaströme geliefert. Ausbruchsdaten sind nicht bekannt. Weiter landeinwärts folgt der Hunnsteinberg 760 m, ebenfalls tätig, und auf dem Hals der Villaumezhalbinsel der Schraderberg. Weiter sind zu nennen: Krümmelberg (Dufaure), die Welckergruppe, der sehr regelmässige Kegel Langhans im Westen, der Hannamberg im Osten. Bemerkenswert sind die Geysirserscheinungen an der Hannambucht. Der Robert Kochgeysir wirft alle 2 Minuten heisses Wasser 6 m hoch. Die Raoulspitzen, Scheringberg, ferner der Villaumezberg sind aufzuzählen, letzterer wahrscheinlich aktiv. An der Stettinerbucht liegen Credner, weiter landeinwärts Engler ca. 1980 m (v. Schleinitz), hart an der Nordküste Auwers und in der Mitte der Insel der Pyramidenberg, nach Osten folgt Richthofenberg (Uku), in derselben Richtung Südsohn (Bamus) 925 m, ein symmetrischer Kegel, Sept. 1887 rauchend.

Vater (Naulavuma) über 1200 m (v. Schleinitz), der grosse Kraterkessel stösst dauernd Rauch aus. Sapper nennt folgende Jahre: 1700; 1878; 1887; 1894; 1898, 1899 mit Schlammstrom. Endlich sind noch Nordsohn (Lagunaubu) 900 m und die vulkanische Duportailinsel zu nennen, mit einem Kraterrand von 932 m. Endlich scheint auf der Südseite der Insel am Kap Oxford südwestlich von Kai Quoi noch ein Ausbruchspunkt zu liegen, über den aber nichts näheres bekannt ist.

Auf der Nordseite der Insel greift das Meer in Gestalt einer kreisförmigen Bucht in die Insel ein, die offensichtlich einen Kesselbruch darstellt. Die Vulkane der Osthälfte der Insel liegen auf den Rändern dieses Bruches.

#### c) Die Kombiuzone.

Die östliche Gazellehalbinsel ist wieder der Schauplatz reger vulkanischer Tätigkeit. Die Bruchrichtung des St. Georgskanals beherrscht die Anordnung der Vulkane. Sieberg nannte diese Zone die Kombiulinie. Varzinberg (Beautemps, Beaupré, Wunakokor) 600 m, seine Laven sind nach E. Lehmann Pyroxenandesite. Bis zur Blanchebai



zieht sich ein ausgedehntes Tuffplateau, die Bai selbst ist ein Kesselbruch. Raluan (Vulkaninsel) liegt in der Blanchebai zwischen Herbertshöhe und Simpsonhafen. Am 4. Febr. 1878 entstand die Insel durch einen submarinen Ausbruch, die Tätigkeit äusserte sich längs einer zum Vulkan Ghaie weisenden Spalte. Zwei Flutwellen wurden ausgelöst, am Ghaie bildete sich ein neuer Krater. Ghaie (Tanurbur) 226 m (Sapper) liegt auf der Südwestspitze der Halbinsel. Der Vulkan besteht aus einem alten Krater, dessen Rand bis 190 m ansteigt, im Grunde befindet sich ein Kratersee, der durch einen Barranco gegen die Blanchebai geöffnet ist. Der neue Krater von 1878 reitet auf dem südlichen Rand. Ausbrüche verzeichnet Sapper: 1767; 1791; Mitte des 19. Jahrhunderts. Der gleichzeitige Ausbruch am 7.—8. Febr. 1878 mit Raluan wurde bereits erwähnt. 1900 und 1908 solfatarische Tätigkeit. Südtochter (Tokumau) 536 m (Sapper) ist erloschen. Der ausgebrannte Krater (alter Krater Balanakaia) 325 m (Sapper) zeigte 1874 Fumarolentätigkeit.

Vulkan Mutter (Kombiu) 685 m ist ein Kegelberg von ziemlich regelmässiger Gestalt. Nordtochter (Towanumbattir) 545 m ist erloschen, ebenso die Insel Watom 370 m, der Krater des flachen Vulkans ist aber noch gut erhalten. Auf der nördlich von Weberhafen gelegenen Halbinsel liegt noch die erloschene Vulkanruine Naumannberg (Liwuan) 450 m. Alle diese Vulkane lieferten Pyroxenandesite. Die Gesteine, soweit Analysen vorliegen, sind auf der Tabelle S. 267 zusammengestellt.

Neumecklenburg und die übrigen Inseln weisen keine tätigen Vulkane mehr auf, während jungvulkanische Gesteine, Reste erhaltener Kraterformen häufiger angetroffen werden. So die französischen Inseln: Gippinsel (Northinsel) 1287 m, ein erloschener regelmässiger Kegel mit einer Kaldera gegen Südosten; Deslaes (Witu) 307 m (Pflüger) besitzt drei Ausbruchspunkte: Peterhafen, ein eingebrochener Kraterkessel, auf der Ostküste 160 m, Johann-Albrechtshafen und einen namenlosen auf der Südseite. Merite ist auch erloschen. Die Gesteine sind Pyroxenandesite. Von den Hibernischen Inseln sei auf Ambitle der Geysir Balamusson erwähnt, im übrigen zeigen die Inseln nach Sapper nur Thermen, Schwefelwasserstoffexhalationen und Schlammvulkane, z. B. Luisehafen auf Lir. Bemerkenswert endlich ist das Vorkommen von Trachydoleriten auf Anir.

#### d) British Papua.

Britisch Neuguinea ist recht dürftig bekannt. Die Hauptquelle bilden Maitlands Berichte, was über junge Vulkane bekannt ist, hat Sapper kürzlich zusammengestellt. Auch Suess gibt eine anschauliche



## Neuguinea, Neupommern, Neumecklenburg.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5                     | 6     | 7                     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 59,39 | 54,02 | 47,97 | 62,44 | 58,77                 | 66,23 | 57,47                 | 56,57 | 61,88 | 45,53 | 45,15 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,72  | 1,60  | 1,46  | 0,28  | 0,05                  | 0,92  | 0,12                  | —     | 0,17  | 1,20  | 0,73  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | Sp.   | Sp.   | Sp.   | 0,33  | 0,32                  | —     | —                     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,73 | 14,82 | 20,03 | 15,84 | 14,62                 | 16,05 | 19,20                 | 17,82 | 17,66 | 15,85 | 11,32 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,03  | 7,12  | 8,08  | 3,54  | 5,61                  | 2,34  | 3,83                  | 2,91  | 1,61  | 6,58  | 6,24  |
| FeO                            | 1,60  | 2,67  | 1,29  | 4,82  | 3,16                  | 1,82  | 3,22                  | 2,65  | 0,87  | 5,02  | 6,24  |
| MnO                            | 0,10  | Sp.   | Sp.   | Sp.   | 0,11                  | 0,19  | 0,97                  | 0,84  | —     | 0,24  | 0,30  |
| MgO                            | 3,48  | 5,64  | 5,43  | 1,39  | 2,66                  | 0,40  | 0,49                  | Sp.   | 0,05  | 5,02  | 8,62  |
| CaO                            | 6,98  | 9,07  | 12,10 | 4,06  | 6,25                  | 2,35  | 9,35                  | 5,11  | 0,44  | 9,53  | 14,30 |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,18  | 2,63  | 1,54  | 4,78  | 3,82                  | 4,35  | 2,47                  | 3,09  | 5,57  | 4,47  | 3,15  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,32  | 0,71  | 0,17  | 2,37  | 3,11                  | 4,61  | 1,36                  | 2,61  | 2,78  | 4,14  | 2,97  |
| Sonstige Bestandteile          | —     | —     | —     | —     | CO <sub>2</sub> =0,11 | —     | SO <sub>3</sub> =0,23 | —     | —     | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O +             | 1,52  | 1,92  | 2,04  | 0,74  | 1,38                  | 0,99  | 0,69                  | 5,89  | 8,16  | 2,90  | 1,13  |
| H <sub>2</sub> O —             | —     | —     | —     | —     | —                     | —     | —                     | 2,03  | {     | —     | —     |

|                    |        |        |        |        |        |        |       |       |        |        |        |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Sa. . . . .        | 100,05 | 100,20 | 100,11 | 100,59 | 99,97  | 100,25 | 99,10 | 99,61 | 100,19 | 100,48 | 100,15 |
| Spez. Gew. . . . . | —      | —      | —      | 2,5105 | 2,5969 | —      | 2,738 | 2,359 | —      | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4       | 5       | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 66,28 | 60,01 | 54,73 | { 69,33 | { 66,25 | 74,26 | 65,48 | 70,51 | 76,00 | 52,15 | 48,37 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,60  | 1,33  | 1,24  | { 0,15  | { 0,15  | 0,77  | 0,10  | —     | 0,15  | 1,03  | 0,58  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —     | —     | 10,34   | 9,68    | 10,61 | 12,86 | 12,94 | 12,75 | 10,68 | 7,13  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,98 | 9,68  | 13,44 | 1,47    | 2,37    | 0,98  | 0,63  | 0,35  | 0,74  | 2,82  | 2,51  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,10  | 2,97  | 3,46  | 4,76    | 2,97    | 0,70  | 3,06  | 2,72  | 0,89  | 4,79  | 5,57  |
| FeO                            | 1,49  | 2,48  | 1,23  | —       | —       | 0,17  | 0,92  | 0,86  | —     | 0,23  | 0,27  |
| MnO                            | 0,09  | —     | —     | —       | —       | 0,66  | 0,83  | —     | —     | 8,62  | 13,85 |
| MgO                            | 5,74  | 9,40  | 9,29  | 2,31    | 4,49    | 2,83  | 11,41 | 6,89  | 0,09  | 11,70 | 16,42 |
| CaO                            | 8,34  | 10,80 | 14,79 | 4,82    | 7,68    | 2,83  | 2,72  | 3,68  | 0,58  | 4,95  | 3,27  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,44  | 2,82  | 1,70  | 5,14    | 4,17    | 4,72  | 0,99  | 2,05  | 6,62  | 3,03  | 2,03  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,94  | 0,51  | 0,12  | 1,68    | 2,24    | 3,30  | —     | —     | 2,18  | —     | —     |



| Nr. | Gestein                     | Mag-<br>ma | Ort                                   | Lage-<br>rung           | Mineral-<br>zusammen-<br>setzung                      | L     | M     | Q      | A    | C     | Or   | Ab   | An   | Analytiker    |
|-----|-----------------------------|------------|---------------------------------------|-------------------------|---|-------|-------|--------|------|-------|------|------|------|---------------|
| 1   | Hornblendeandesit           | IV a 7     | Tumleo, Neuguinea                     |                         | An <sub>75</sub> bis An <sub>50</sub><br>Ho. Aug. Hg. | 61,44 | 18,73 | 19,83  | 4,38 | 6,60  | 11,8 | 44,7 | 43,5 | E. Ludwig     |
| 2   | Angithypersthen-<br>andesit | IV a 7     | Tumleo, Neuguinea                     |                         | An <sub>80</sub> bis An <sub>20</sub><br>Aug. Hy. Mt. | 52,04 | 33,15 | 14,81  | 3,33 | 6,35  | 7,7  | 43,1 | 49,2 | "             |
| 3   | Hornblendegabbro            | IV 7       | Tumleo, Neuguinea                     | Ein-<br>schluss<br>in 1 |   | 61,04 | 29,61 | 9,35   | 1,82 | 11,62 | 1,0  | 22,3 | 76,7 | "             |
| 4   | Pyroxenandesit              | IV a 7     | Simpsonhafen, Neupomm.                |                         | An <sub>50</sub> Aug. Hy.<br>Mt.                      | 68,64 | 16,74 | 14,92  | 6,82 | 3,52  | 20,0 | 40,0 | 20,0 | A. Lindner    |
| 5   | Pyroxenandesit              | IV a 7     | Insel Watom, Neupommern               |                         | An <sub>43</sub> Aug. Hy.<br>Mt.                      | 64,36 | 23,74 | 11,90  | 6,41 | 3,27  | 27,5 | 52,5 | 20,0 | "             |
| 6   | Trachyt                     | III 6      | Wanakoker (Varzinberg),<br>Neupommern |                         |   | 75,52 | 3,82  | 20,66  | 8,02 | 2,59  | 35,5 | 50,5 | 14,0 | R. Gläser     |
| 7   | Andesit                     | IV 7       | Volcano, Bismarckarchipel             |                         |   | 66,28 | 16,14 | 17,58  | 3,71 | 9,15  | 12,0 | 33,0 | 55,0 | A. Liversidge |
| 8   | Andesitbimsstein            | IV a 7     | New-Britain, Bismarckarch.            |                         |   | 73,72 | 7,16  | 19,12  | 5,73 | 6,89  | 22,0 | 40,6 | 37,4 | Eyme          |
| 9   | Trachyt                     | III 6      | Insel Anir, Neumecklenburg            |                         | Plag. Aug.  | 76,09 | 1,96  | 21,95  | 8,80 | 0,58  | 24,1 | 72,5 | 3,4  | "             |
| 10  | Noseantrachyt               | III 3      | Insel Anir, Neumecklenburg            |                         | Aug. Oliv. Mt.<br>Nosean                              | 74,64 | 45,28 | —19,92 | 7,98 | 2,70  | 3,03 | 4,95 | 1,35 | "             |
| 11  | Limburgittrachy-<br>dolerit | III 2      | Insel Anir, Neumecklenburg            |                         | Augit, Ol. Mt.  | 49,72 | 68,56 | —18,28 | 5,30 | 1,83  | 2,03 | 3,27 | 0,91 | "             |

1. S. Richarz, N. Jahrb. f. Min. BB. 29, 1910, S. 445.

4–5. E. Lehmann, Tschermaks Mitt. 27, 1908, S. 42.

7–8. A. Liversidge, J. R. Soc. N. S. W. 20, 1887, S. 236–237.

9–11. R. Gläser, Beitr. z. geol. Erf. d. deutsch. Schutzgeb. 10, 1915.



Schilderung. Das Rückgrat der Halbinsel bildet die zentrale Kordillere. Die Laven sind jünger als die Faltung der Kalke. Eine breite Lavamasse tritt am Kap Suckling südlich der Kette in das Meer, sie kommt vom Mt. Yule ca. 3400 m (Suess). An der deutsch-englischen Grenze zeichnet Gibb Maitland unter  $148^{\circ} 5'$  einen Vulkan in seine Karte ein. Die Luardinseln in der Herkulesbai zeigen auch noch erhaltene Kraterformen. Vulkanisch ist das Astrolabeplateau und das Quellgebiet des Laloki auf der Südseite. Mt. Obree auf der Hauptkette unter  $148^{\circ} 5'$  scheint ein Ausläufer des Astrolabeplateaus zu sein. Auf der Hauptkette steht ferner Mt. Daymann 2812 m, eine Vulkanruine mit teilweise erhaltenem Krater, der Berg hat Lavaströme bis zur Südküste entsandt. Mt. Cloudy (Gugu Sari) soll nach Sir W. Mc. Gregor ein Vulkan sein. Die ganze Nordküste ist hauptsächlich vulkanisch.

In  $149^{\circ} 15'$  springt eine Halbinsel auf der Nordküste in das Meer vor, die zwei tätige Vulkane trägt. Im südwestlichen Teil liegt der Mt. Trafalgar mit drei Gipfeln: Mt. Trafalgar 1702 m, Mt. Britannia 1507 m und Mt. Téméraire 1550 m. Mc Gregor fand dichten Urwald auf dem Berge, Mersh. Strong sah 1911 hinter Kap Nelson Dampf Wolken über einem Berg, auch wissen Eingeborene von einem verheerenden Ausbruch in den 80er Jahren zu erzählen. Der tätigere Mt. Victory 1060—1220 m liegt in dem südwestlichen Teil der Halbinsel. Der Berg hat drei Gipfel, deren höchste Spitze später zu 1370 m geschätzt wurde. 1893 25. Sept. stiegen zahlreiche Dampfsäulen von einem Rücken unweit der Keppelspitze auf. Jungvulkanisch ist endlich die Gegend um Mullens Harbour und der Milnebai, die Spitze der Halbinsel.

Von den vorgelagerten Inseln sind die D'Entrecasteauxinseln zum größten Teil jungvulkanisch. Wagipa ist eine Krater ruine, Goode-noughinsel (Dawila), über 2438 m, muss vor 30 bis 40 Jahren noch einen Ausbruch gehabt haben. Normannbyinsel (Daua) besitzt auf der Westseite Solfataren. Goulvaininsel (Dobu), 280 m, ist solfatarisch tätig, mit verschiedenen Kratern. Welleinsel (Sanaroa) und Fergussoninsel (Moratan) sind vulkanisch. Auf letzterer Insel kommen an der Seymourbai Solfataren vor. Mt. Kilkeran scheint einer der tätigen Ausbruchspunkte der Insel zu sein. Von dem Lousiade-archipel ist Samarai eine Vulkanruine.

## II. Die Salomonen.

Der Bogen beginnt mit der kleinen Insel Buka, die besonders im Südwesten andesitisch, aber erloschen ist. Es folgt die grössere Insel Bougainville, die zuletzt von Sapper durchquert worden ist. In



der Achse der Insel verläuft das jungvulkanische Kaisergebirge und quer zu ihm das Kronprinzengebirge im Südosten. Im Kaisergebirge erhebt sich der steile Kegelstumpf des Vulkans Balbi, 3070 m (Sievers). Ein zackiger, dreispitziger Krater rand krönt den Berg. Seine Tätigkeit ist schwach. Tätig ist der Bagana, 3012 m (Leeps), er stösst fast ständig Rauch aus. Grössere Ausbrüche sind bekannt aus den Jahren 1875 August zur Zeit des Besuches von v. Schleinitz, Anfang 1884 grosse Explosion; Mitte der 90er Jahre; 1908 Juli; 1909. Cornwallisberg ist ein steiler Kegel mit zweispitzigem Krater, ob er noch tätig ist, weiss man nicht. Guinotberg, 1283 m, ist nur schwach tätig.

Im Kronprinzengebirge zeigt ein namenloser Berg 2500 m Spuren von Tätigkeit. Ferner ist zu nennen der Bonmartiniberg 1706 m am Kap Binner im Osten. Für die übrigen Inseln ist die wichtigste Quelle das Buch von Guppy. Der grösste Teil des Archipels ist erloschen. Die Shortlandinseln, Mono (Treasuryisland), Wella la Wella, sind jungvulkanisch. Auf letzterer Insel kennt man nur Solfataren und heisse Quellen. Renongo erreicht Höhen von 2000 m, ist sonst wenig bekannt. Gizo ist eine Vulkanruine, Kulambranga besitzt einen zweispitzigen Vulkankegel 1222 m (Sommerville), der von tiefen Barrancos durchfurcht wird. Auf St. Georgia (Kausagi, Marovo, Main Island) kennt man einen Vulkankegel 762 m. Erloschene Vulkane tragen Vangunu 1200 m, Mbulo 244 m (Tilly), Murrayinsel 183 m (Tilly), 310 m (Guppy), Russelinsel 500 m, Guadalcanar. Auf San Christobal kommen Vulkankegel von 930 bis 1240 m Höhe am Kap Surville auf der Südwestküste vor. Simbo besitzt eine ganze Reihe von Ausbruchspunkten: Northill, Middlehile 1310 m, ein Kraterkessel von 22 m Durchmesser, 70—80 m steil. Lagune hat einen Krater von 550 m Durchmesser, South Hill endlich ist ein abgestumpfter Andesitkegel 340 m, dessen Fumarolen reinen Wasserstoff bei 80 ° liefern sollen. Rendowa ist endlich noch zu nennen.

Auf dem äusseren Choiseulbogen ist die Tätigkeit wieder etwas lebhafter. Der Tauropik auf Choiseul 550 m (Ribbe) liegt auf dem Südostende der Insel. Die tätige Vulkaninsel Savo 600 m (Sesargovulkan des Spanier Mendana) trägt eine Kaldera von 2 km Durchmesser. Der Kegel besteht nur aus Lockerprodukten, Lavaströme fehlen ganz. Mendana sah den Berg 1567 rauchend, Guppy berichtet von heftigen Explosionen um 1820 und 1850, nach Marshall 1848, nach Hammer 1850. Buenavista ist eine Vulkanruine.

Weiter gegen Osten vorgeschoben ist der nächste Vulkanbogen:



### III. Die Neuhebriden.

Die Vulkanzone beginnt mit der Wilson- und Santa Cruzgruppe (Königin Charlotte-Inseln). Duff (Taumako) soll nach Sapper ein tätiger Vulkan sein, doch ist näheres nicht bekannt. Von den drei Hauptinseln der Santa Cruzgruppe: Tinakula, Ndeni und Vanikoro 914 m, trägt Tinakula (Tinakoro, Vulkaninsel) einen sehr tätigen Vulkan. Seine Phase erreicht den strombolianischen Grad. Sapper stellt folgende Ausbruchsdaten zusammen: 1595; 1767; 1797 strombolianisch mit der Periode von 10 Minuten; 1869 März; 1871 strombolianisch alle 10—15 Minuten Lavastrom gegen Nordwesten; vor 1886; 1909 21. Aug., mit frischem Lavastrom.

Es folgt nun die Banksgruppe, ihr Unterbau ist basaltisch, Kraterformen sind noch gut erhalten, die Tätigkeit ist aber nur noch solfatarisch. Zu nennen sind: Vatganai 76 m, Merlav 884 m, Merig 61 m, Vanu-Lava 970 m, Mota 411 m, Valua bildet die Reste einer grossen Kaldera. Im Norden von Vanua-Lava sind heisse Quellen und Solfataren bekannt, nach Atkin bei Sapper hat dort ein starker Aschenausbruch im Jahre 1861 stattgefunden und war wiederum 1861 tätig. Ureparapara 743 m soll 1872 tätig gewesen sein. Gaua ist ein alter Krater mit 3,2 km Durchmesser, 700 m hoch. Aoba 1218 m besitzt einen Kratersee. Aurora (Maewoisland) ca. 1200 m, ferner Aragh-Aragh (Pentecostisland) 762 m gehören zu dieser Gruppe.

Der westliche über Santo, Efate verlaufende Bogen ist erloschen, doch kann die Zeit der Tätigkeit noch nicht lange zurückliegen. Auf der kleinen Insel Leleppa, westlich Efate, finden sich 12 m über dem Meere Bimssteintuffe, die den offenbar aus der Tongagruppe herstammenden Driftbimssteinen des südlichen Pazifik völlig gleichen. Die eigentliche tätige Zone verläuft etwas weiter östlich. Ambryn ist der Rest eines riesigen abgestumpften kegelförmigen Vulkans. Seine Kaldera misst 9,6 km im Durchmesser, ihr Boden liegt in 640 m Höhe, während der Kraterrand bis 914 m ansteigt. Innerhalb der Kaldera erheben sich zwei jüngere Eruptionskegel: Mt. Benbow 1133 m und Mt. Marum 1355 m, ihre Krater besitzen selbst wieder Durchmesser von rund  $1\frac{1}{2}$  km Durchmesser. Beide Kegel sind tätig, ausserdem befinden sich auf dem äusseren Mantel noch kleinere parasitäre Ausbruchspunkte. Die Ausbrüche von Ambryn tragen vorwiegend explosiven Charakter, doch sind Lavaförderungen keine Seltenheit. Sapper nennt folgende Ausbruchsjahre: 1774; 1863 und 1864; 1871; 1894 16. Okt. hatte Mt. Benbow einen schweren Ausbruch, die Eruptionswolke stieg  $4\frac{1}{2}$  km hoch, Lava floss zum Meere. 1908 starke Explosion. 1912 trat der östliche Krater Mt. Marum in Tätigkeit, während der andere ruhig blieb. 1913 ereignete



sich ein schwerer Ausbruch am 6. Dez. An der Westküste entstanden sechs neue Krater, Mt. Minnie wurde am 7. Dez. zerstört. Pau-Uma 556 m ist erloschen.

Ein sehr reges Zentrum ist der Inselvulkan Lopevi 1449 m, ein regelmässiger Kegel mit einer Basis von 4,8 km und einem Krater von 400 m Durchmesser. Gelegentlich kam es zu terminalen Gipfeleruptionen mit Lavaausfluss. 1863 und 1864 waren starke Ausbrüche zu vermerken mit absteigenden Glutwolken, auch 1871 Rauchentwicklung. Epi ist ein gehobenes Riff mit Pyroxenandesiteinlagerungen, 850 m. Tongoa besteht aus Basalt, 510 m. Zwischen Epi und Tongoa an der nordwestlichen Ecke letzterer Insel liegt ein submariner Vulkan. Seine Position ist  $16^{\circ} 50'$  südl. Br. und  $168^{\circ} 32'$  östl. L. Das Wasser ist an dieser Stelle stets heiss, 1897 hatte sich dort eine kleine Insel gebildet, auch 1901. Eromanga 838 m mit bis 305 m gehobenen Riffen. Zwischen Eromanga und Traitors Head und High Rocky Islet befindet sich ebenfalls ein submariner Vulkan, der 1881 einen Ausbruch hatte. Es folgt Aniwa 36—45 m. Nach Eingeborenenüberlieferungen habe sich zwischen Aniwa und Tanna ein Vulkan befunden, der durch eine grosse Katastrophe vernichtet sei. Tanna 1066 m besitzt einen tätigen Vulkan Yasowa (Yosur, Yosua, Asur) 396 m (295 m Sapper). Er liegt 6 km von Port Resolution entfernt. Der elliptische Krater ist 91 m tief und hat einen Umfang von 1,6 km. Auf der Flanke des Kegels gegen die Hauptkette liegen Solfataren. Der Vulkan befindet sich für gewöhnlich in strombolianischer Tätigkeit mit wechselnden Perioden. In den Kratern wallt Lava, Lavaströme sind in den letzten Jahren nicht geflossen. Grössere Ausbrüche werden aus den Jahren verzeichnet: 1774 Aug.; 1793 April; 1840 Aug.; 1850 Juni; 1851 Dez.; 1863 Aug.; 1864; 1875 23. April. Am 10. Jan. 1878 10 Uhr a. m. entstand nahe der Sulphurbai ein neuer Vulkan. Ein starkes Beben löste eine 17 m hohe Flutwelle aus.

Es folgt weiter die Vulkanruine aus Olivinbasalt Aneitum 850 m, deren Krater rand im Norden noch gut erhalten ist. Die letzten Ausläufer des Bogens sind die Matthewklippen, Reste eines submarinen Vulkans, und der tätige Huntervulkan (Fearn) 297 m. Nach Sappers Zusammenstellung hat der Vulkan 1835 einen Lavaausbruch gehabt, ferner 1841 15. März; 1892?; 1895 24. Sept.; 1895 aus zwei Kratern auf der Ostseite, wo noch Geysirerscheinungen vorhanden sind.

Im Fijiarhipel sind zwar Spuren jungvulkanischer Tätigkeit allenthalben zu beobachten, aber Ausbrüche in historischer Zeit sind nicht zu vermerken. Eine submarine Eruption soll sich 1906 4. Okt. auf Walpol Island laut Zeitungsnachrichten ereignet haben, doch ist näheres nicht bekannt.



## Neuhebriden, Fijinseln.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1   | 2      | 3   | 4     | 5   | 6   | 7      | 8      | 9     |
|--------------------------------|---|--------|---|-------|---|---|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 60,96   | 49,26  | 43,98   | 53,31 | 46,78   | 63,60   | 57,04  | 56,76  | 58,92 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,50  | 0,89   | 1,20  | —     | 1,20  | 0,70  | —      | —      | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,25  | 0,37   | 0,32  | —     | 0,31  | 0,10  | —      | —      | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,62   | 17,18  | 17,69   | 17,34 | 21,22   | 15,84   | 19,51  | 21,10  | 16,95 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,87  | 5,47   | 5,97  | 9,01  | 4,63  | 1,45  | 5,50   | 4,52   | 3,33  |
| FeO                            | 2,61  | 6,10   | 2,00  | 2,00  | 6,17  | 2,72  | 2,71   | 3,02   | 3,69  |
| MnO                            | Sp.   | —      | Sp.   | 1,44  | Sp.   | Sp.   | 2,05   | —      | —     |
| MgO                            | 0,95  | 4,28   | 7,83  | —     | 4,30  | 1,14  | —      | Sp.    | 0,40  |
| CaO                            | 6,35  | 10,78  | 11,71   | 9,06  | 12,07   | 3,03  | 8,16   | 9,01   | 6,22  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,01  | 3,20   | 1,34  | 3,42  | 1,40  | 4,33  | 2,83   | 4,99   | 4,99  |
| K <sub>2</sub> O               | 3,40  | 1,76   | 0,64  | 3,35  | 0,64  | 3,26  | 2,38   | 3,37   | 3,08  |
| Sonstige Bestandteile          | CO <sub>2</sub> = 0,10<br>C <sub>12</sub> O <sub>3</sub> = 0,04 | —      | CO <sub>2</sub> , Cl = Sp.<br>C <sub>12</sub> O <sub>3</sub> = 0,05 | —     | CO <sub>2</sub> , Cl = Sp.<br>C <sub>12</sub> O <sub>3</sub> = 0,05 | S, Cl = Sp.<br>C <sub>12</sub> O <sub>3</sub> = Sp. | —      | —      | —     |
| H <sub>2</sub> O +             | 1,03  | 0,90   | 1,77  | 0,14  | 0,94  | 3,88  | 0,20   | 0,24   | 1,27  |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,18  | 0,12   | 0,95  | —     | 0,50  | 0,30  | —      | —      | 1,09  |
| Sa.                            | 99,87   | 100,31 | 100,13  | 99,80 | 100,21  | 100,35  | 100,38 | 100,72 | 99,94 |
| Spez. Gew.                     | 2,54  | —      | 2,95  | 2,686 | 2,90  | 2,51  | 2,720  | 2,666  | —     |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 69,16 | 55,04 | 49,28 | 61,96 | 52,86 | 73,41 | 64,83 | 64,57 | 67,29 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,50  | 0,74  | 1,01  | —     | 1,02  | 0,61  | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,13  | 0,17  | 1,40  | —     | 0,14  | 0,06  | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,09 | 11,29 | 11,65 | 11,86 | 14,12 | 10,51 | 13,42 | 14,12 | 11,68 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,65  | 2,29  | 2,50  | 3,93  | 1,95  | 0,64  | 2,35  | 1,93  | 1,43  |
| FeO                            | 2,46  | 5,68  | 6,13  | 1,94  | 5,95  | 2,62  | 2,57  | 2,86  | 3,51  |
| MnO                            | —     | —     | —     | 1,42  | —     | —     | 1,98  | —     | —     |
| MgO                            | 1,61  | 7,17  | 13,16 | 1,28  | 7,32  | 1,15  | —     | —     | 0,68  |
| CaO                            | 7,54  | 12,91 | 14,06 | 11,28 | 14,63 | 3,75  | 9,99  | 10,98 | 7,64  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,30  | 3,46  | 1,35  | 3,85  | 1,54  | 4,84  | 3,13  | 3,09  | 5,53  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,56  | 1,25  | 0,46  | 2,48  | 0,47  | 2,41  | 1,73  | 2,45  | 2,24  |



| Nr. | Gestein                      | Mag-<br>ma | Ort                           | Lagerung           | Mineral.<br>Zusammen-<br>setzung                         | L     | M     | Q      | A    | C     | Or   | Ab   | An   | Analytiker            |
|-----|------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------|--|-------|-------|--------|------|-------|------|------|------|-----------------------|
| 1   | Hornblende-<br>andesit       | IV a 7     | Wai Malikoliko,<br>Esp. Santo | Gang im<br>Mioz.   | Glas, An <sub>50</sub> , Ho,<br>Aug, Mt, Ap.             | 67,80 | 12,76 | 19,44  | 5,86 | 5,23  | 30,6 | 38,8 | 30,6 | D. Mawson             |
| 2   | Basalt                       | IV a 5     | Ambryn                        | 1913 Dez.          |  | 64,00 | 38,36 | — 2,36 | 4,71 | 6,58  | 16,1 | 43,2 | 40,7 | Boiteau               |
| 3   | Basalt                       | IV 5       | Fatmalapa, Efate              | Gang in<br>Agglmo. | An <sub>100</sub> , Aug, Ol,<br>Mt, Ap.                  | 54,84 | 49,02 | — 1,86 | 1,81 | 9,84  | 0,46 | 1,35 | 4,9  | Mawson                |
| 4   | Andesit                      | IV a 7     | Port Resolution,<br>Tanna     |                    |  | 72,76 | 22,77 | 4,47   | 6,33 | 5,53  | 27,4 | 42,8 | 29,8 | A. Liversidge         |
| 5   | Basalt, porphyr.             | IV 7       | Mau Island                    |                    | An <sub>50</sub> -An <sub>40</sub> , Aug,<br>Ol, Mt, Ap. | 64,52 | 31,58 | 3,90   | 2,01 | 12,11 | 6,2  | 18,6 | 75,2 | Mawson                |
| 6   | Hypersthen-<br>andesitperlit | IV a 7     | Leleppa Island                |                    | Glas, An <sub>385</sub> , Hy<br>Mt, Ap.                  | 71,04 | 8,52  | 20,44  | 7,25 | 3,26  | 27,3 | 54,5 | 18,2 | Mawson                |
| 7   | Andesit                      | IV a 7     | Tanna                         |                    |  | 73,12 | 11,96 | 14,92  | 4,86 | 8,56  | 18,4 | 33,7 | 47,9 | A. Liversidge         |
| 8   | Andesit                      | IV a 7     | Tanna                         |                    |  | 78,64 | 10,52 | 10,84  | 5,54 | 8,58  | 25,0 | 31,0 | 44,0 | "                     |
| 9   | Augitandesit                 | IV a 7     | Namulowai, Fidji              |                    |  | 77,80 | 15,84 | 6,36   | 7,77 | 3,91  | 22,9 | 57,2 | 19,9 | Stoddard u.<br>Mawson |

1. 3. 5. 6. D. Mawson, Proc. Linn. Soc. N. S. W. 30, 1905, S. 470.
2. A. Lacroix, Compt. R. 159, 1914, S. 489—495.
4. 7. 8. A. Liversidge, J. Roy. Soc. N. S. W. 30, 1905, S. 470.
9. W. G. Woolnough, Pr. Linn. Soc. N. S. W. 28, 1903, S. 520.



## Tongainseln und Driftbimssteine.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1     | 2      | 3     | 4      | 5     | 6      | 7      | 8      |
|--------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 50,74 | 49,97  | 60,95 | 46,84  | 50,56 | 46,76  | 44,73  | 62,29  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,68  | —      | —     | —      | 0,80  | —      | —      | 0,80   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | 0,33   | —     | —      | —     | —      | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,98 | 11,68  | 15,97 | 17,78  | 10,30 | 17,71  | 16,28  | 15,97  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,41  | 2,45   | 9,08  | 1,64   | 4,95  | 1,73   | 14,57  | 3,77   |
| FeO                            | 8,11  | 10,60  | —     | 10,79  | 7,59  | 10,92  | —      | 3,73   |
| MnO                            | 0,54  | Sp.    | —     | 0,34   | 0,14  | 0,44   | 2,89   | —      |
| MgO                            | 7,25  | 12,84  | 1,40  | 9,24   | 9,27  | 10,37  | 2,23   | 2,05   |
| CaO                            | 12,42 | 11,20  | 2,92  | 11,87  | 9,35  | 11,56  | 1,88   | 4,98   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,74  | 1,60   | 2,34  | 2,02   | 2,81  | 1,83   | 4,50   | 4,80   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,24  | 0,25   | 1,61  | 0,28   | 1,24  | 0,17   | 4,02   | 2,40   |
| Sonstige Bestandteile          | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,52  | —      | 4,95  | —      | 1,70  | —      | 9,56   | 0,73   |
| H <sub>2</sub> O —             | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      |
| Sa. . . . .                    | 99,53 | 100,92 | 99,22 | 100,80 | 98,71 | 101,49 | 100,64 | 101,52 |
| Spez. Gew. . . . .             | 2,98  | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7 | 8     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 52,96 | 50,12 | 74,09 | 48,84 | 54,40 | 48,15 | — | 68,16 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,31  | —     | —     | —     | 0,64  | —     | — | 0,66  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | 0,14  | —     | —     | —     | —     | — | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7,36  | 6,89  | —     | —     | 6,52  | —     | — | —     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,50  | 0,92  | 11,42 | 10,90 | 2,00  | 10,73 | — | 10,28 |
| FeO                            | 8,23  | 8,86  | 4,14  | 0,64  | 6,80  | 0,67  | — | 1,55  |
| MnO                            | 0,48  | —     | —     | 9,38  | 0,37  | 0,38  | — | 3,40  |
| MgO                            | 11,35 | —     | —     | 0,30  | 0,13  | 0,38  | — | —     |
| CaO                            | 13,89 | 19,32 | 2,55  | 14,45 | 14,96 | 16,02 | — | 3,36  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,77  | 12,04 | 3,80  | 13,26 | 10,78 | 12,75 | — | 5,84  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,15  | 1,55  | 2,75  | 2,04  | 2,92  | 1,82  | — | 5,08  |
|                                |       | 0,16  | 1,25  | 0,19  | 0,85  | 0,11  | — | 1,67  |



| Nr. | Gestein             | Mag-<br>ma | Ort                          | Lage-<br>rung | Mineral-<br>Zusammen-<br>setzung | L     | M       | Q      | A    | C    | Or   | Ab   | An   | Ana-<br>lytiker |
|-----|---------------------|------------|------------------------------|---------------|----------------------------------|-------|---------|--------|------|------|------|------|------|-----------------|
| 1   | Basalt-<br>obsidian | IV a 5     | Niuaufou, Tonga              | April<br>1867 | Schlackig,<br>poröses Glas       | 41,12 | 59,02   | - 0,14 | 2,92 | 4,44 | 0,15 | 2,77 | 2,22 | C. Cohen        |
| 2   | Basalt              | IV 5       | 32° 36' s. B. 137° 43' w. L. |               | 34,40                            | 70,08 | - 4,48  | 1,71   | 5,18 | 0,16 | 1,55 | 2,75 | 2,59 | Sipocz          |
| 3   | Liparit             | III 8      | 35° 41' s. B. 157° 42' ö. L. |               | 50,82                            | 9,24  | + 39,94 | 4,00   | 3,80 | 1,25 | 2,04 | 2,92 | 1,38 | Renard          |
| 4   | Basalt              | IV 5       | 42° 43' s. B. 82° 11' w. L.  |               | 52,52                            | 57,44 | - 9,96  | 2,23   | 8,67 | 0,19 | 2,92 | 2,75 | 4,40 | Renard          |
| 5   | Basalt              | IV a 5     | 12° 8' s. B. 145° 10' ö. L.  |               | 41,16                            | 59,84 | - 1,00  | 3,77   | 2,75 | 0,85 | 1,82 | 2,92 | 1,38 | Renard          |
| 6   | Basalt              | IV 5       | 13° 28' s. B. 149° 30' w. L. |               | 50,64                            | 59,44 | - 10,08 | 1,93   | 8,80 | 0,11 | 1,67 | 5,08 | 1,77 | Renard          |
| 7   |                     |            | 13° 28' s. B. 149° 30' w. L. |               | 68,12                            | 18,14 | + 13,74 | 6,75   | 3,53 |      |      |      |      | E. Cohen        |
| 8   | Andesit             | IV a 7     | 10° 36' s. B. 159° 36' ö. L. |               |                                  |       |         |        |      |      |      |      |      |                 |

Literatur: 1. 8. E. Cohen, N.J.f. Min. 1880, II, S. 41. — 2.-7. Washington, II, S. 775. 1043, 1105.



#### IV. Der Tongabogen.

Der Tongabogen setzt sich aus drei konzentrischen Zonen zusammen, die westliche ist vulkanisch, die mittlere besteht aus Tuffen, die östliche aus gehobenen Korallenriffen.

Der Bogen beginnt im Norden mit Uvea (Wallisisland) 59,8 m, 13° südl., 176° westl., Niuafou (Goodhope Island) 179 m, schwarze Lava bildet die Küste. Ein grosser Binnensee liegt in der Mitte. Ausbrüche sind bekannt: 1814; 1840 oder 1853; 1853 heftiger Lavaausbruch im Südsüdwesten; 1867 12. April; 1886 31. Aug. ein schwerer Explosionsausbruch aus dem Binnensee, die Explosionswolke stieg bis 2300 m Höhe, Lava floss aber nicht. Es folgt Boscawen Island, wahrscheinlich vulkanisch, desgleichen Keppel Island 107 m. Im weiteren Abstand folgt das tätige Amargura (Gardners Island), 380 m. Ausbrüche werden vermerkt: 1791; 1846 Okt.; der schwerste Ausbruch erfolgte 1847 9.—11. Juni, Erdstösse folgten alle 15—20 Minuten, strombolianische Tätigkeit setzte ein, bis schliesslich Lava aus dem grossen Krater überfloss. 1897 erhöhte Tätigkeit. Der nächste Vulkan ist Lette (Latte) ca. 550 m mit einem dampfenden Kratersee. Aus einem Seitenkrater im Osten erfolgte 1854 ein Seitenausbruch, erhöhte Tätigkeit noch 1866 und 1898. In dem Raum zwischen Tofua und Lette kam es mehrfach zu submarinen Eruptionen. Am Homeriff wurden Anzeichen vulkanischer Tätigkeit bemerkt. 1857 erfolgte ein submariner Ausbruch, dessen Position leider nicht genauer bekannt ist, an einer anderen Untiefe, offenbar an gleicher Stelle, kam es bereits 1852 zur Landbildung (Noack).

Zwischen Lette und Kao bildeten sich 1781 die Maurelleinseln, die später wieder verschwanden. 1851 stieg zwischen Kao und Lette Rauch auf. Metis (Wesley Rock, Fonuafooa) entstand 1858 durch submarinen Ausbruch, 1875 war die Insel nur noch 9 m hoch. Am 16. April 1876 stellte das englische Kriegsschiff Sapphire eine 35 m hohe und 160 m lange rauchende Insel fest. 1886 war die Insel noch tätig (Sapper). Mercalli erwähnt einen submarinen Ausbruch 1894 bei Metis, 135 km nordnordöstlich von Falkon. Die höchste Insel des Archipels ist Kao (Ost-Ghao) 914 m, nicht mehr tätig. Es folgt Tofua 551 m, das aktive Zentrum des Bogens, 1774; 1792 mit Lavaförderung; 1854; 1885; Anfang Januar 1906 floss ein Lavastrom im Westen ins Meer, zwei Kegel waren bis in den Februar tätig und ergossen Laven in den See des alten Kraters.

Weiter folgt Falkon. 1867 hatte nach Sapper das Schiff Falkon in 20° 20' s. Br. und 175° 20' w. L. eine Untiefe gesichtet, die 1877 Rauch ausstieß. Vom 11. Okt. 1885 ab trat dieser submarine Vulkan in Tätigkeit und förderte reichliches Lockermaterial. Am 18. Okt. begann hart an



der Küste ein neuer untermeerischer Ausbruchspunkt seine Tätigkeit. Die Insel wuchs zusehends an Umfang. 1886 war sie 2600 m lang und 50 m hoch, 1887 90 m hoch, 1889 2040 m lang und 47 m hoch, 1892 nur noch 8 m hoch, 1898 war die Insel gänzlich verschwunden. 1900 erschien sie als walfischähnliche Bank wieder. Zwischen Tonga und Hapai erfolgte am 30. April 1874 ein submariner Ausbruch. Weitere submarine Ausbrüche werden noch im Sommer 1907 in  $21^{\circ} 10'$  s. Br.,  $175^{\circ} 44'$  w. L., ferner 1912 29. April 2 Seemeilen südöstlich Honga Hapai in dieser Gegend gemeldet. Die Massen von Driftbimssteinen im südlichen pazifischen Ozean haben von derartigen Ausbrüchen ihren Ursprung (vgl. Tabelle S. 274, 275).

### V. Der Kermadecbogen.

Nach längerer Unterbrechung, etwa in der Mitte zwischen dem Tongaarchipel und Neuseeland liegt das Kermadecbogen-segment. Die Hauptinsel ist Sunday Island (Raoul) 543 m. Sapper verzeichnet folgende Ausbrüche: 1814 9. März; 1870 6. Juli, ein submariner Ausbruch in nächster Nähe  $29^{\circ} 14'$  s. Br.,  $177^{\circ} 55'$  w. L. In der Denhambucht bildete sich eine Insel 1872, gleichzeitig war der zentrale Krater der Insel tätig. 1886 März stiegen 5 Seemeilen nördlich der Insel gewaltige Bimssteinmassen auf. In  $30^{\circ} 14'$  s. Br.,  $178^{\circ} 55'$  ö. L. beobachtete Kapitän Thayer am 6. Sept. 1825 eine kleine ringförmige Insel, aus der Rauch aufstieg, Brimstone Island. In  $30^{\circ}$  s. Br.,  $178^{\circ} 30'$  ö. L. fand 1877 1. Dez. ein Ausbruch statt. Es folgen die Macauleyinseln, Curtis und noch andere Klippen, die andesitischer Natur sind.

### VI. Die Taupozone, Nordneuseeland.

In der Fortsetzung des Kermadecbogens liegt die Taupozone. Nach längerer Unterbrechung treten die ersten Spuren der jungvulkanischen Tätigkeit in der Bai of Plenty im Osten der Nordinsel von Neuseeland auf. White Island trägt einen noch tätigen Vulkan. Die Insel, auch Whakari genannt, liegt 28 Seemeilen von der Küste entfernt. Sie ist fast vegetationsleer. Der Krater, 262 m hoch, liegt mit seinem Boden im Meeresniveau und ist in solfatarischer Tätigkeit. Sein Umfang beträgt 2,4 km. Zahllose geysirartige Quellen durchwärmen den Inselboden, die Dampfwolken steigen bis 600 m hoch. Eigentliche Ausbrüche sind nicht bekannt, erhöhte Tätigkeit wird aus den Jahren 1837, 1855, 1877, 1886 berichtet. Die weiter nördlich gelegene Insel Mayor Island (Tuhua) trägt einen 336 m hohen Pik, in der Mitte findet sich ein gegen Südosten offener Krater. Saure Eruptivgesteine, besonders Obsidiane bauen die Insel auf. Dieselben gehören z. T. comenditischen Magmen an (vgl.



Tabelle S. 283). Die Insel gehört also nicht mehr zur Taupozone. Als erster erloschener Vulkankegel ist der Mt. Edcunbe zu nennen (Putauaki) 785 m. Es folgt auf dem rechten Ufer des Waikato-flusses das berühmte und oft beschriebene Solfataren- und Geysirfeld des Tarawerasees, das durch den grossen Ausbruch des Tarawera 1886 zerstört wurde. Vom Tongariro bis zur Whiteinsel erstreckt sich in einem breiten Streifen dieser aus sauren Eruptivgesteinen sich aufbauende „Seendistrikt“, der durch tausende von siedenden Quellen, Geysirserscheinungen, Solfataren, Fumarolen, Schlammkegeln, Sinterterrassen von keiner anderen ähnlichen Erscheinung auf der Erde an Grossartigkeit übertroffen wurde. Ich folge der ausgezeichneten Schilderung F. v. Hochstetters. Die östlichsten sind die Solfataren von Rotaiti. „Wie scheussliche Eiterbeulen auf einem Körper, so liegen sie — tiefer oder weniger tief eingefressene Löcher von gelblich weissen Krusten umgeben und einen stinkenden Geruch verbreitend — im grünen Farrenland am südlichen und südwestlichen Ufer des Sees.“ Demselben Zuge auf der Nordseite des Tarawerasees gehören die heissen Quellen von Rotorua an. Der Wakitisprudel und die Pohutuspringquelle sind die bedeutendsten.

Am berühmtesten aber ist das Quellgebiet des Rotomahana (warmer See) im Süden des Tarawerasees. Am nordöstlichen Ende des Sees lag die Teterataquelle, 25 m über dem See, ein kraterförmiger Kessel in tonig zerfressenem, von Eisenoxyd rotgefärbtem Liparit. Das Bassin fliesst gegen Westen zum See ab. Das vollkommen klar durchsichtige heisse Wasser besitzt eine türkisblaue Farbe, die gegen die schneeweiss überkrusteten Beckenränder im Kontrast wirkt. Die Temperatur betrug an den Ufern 84°. In der Mitte stiegen gewaltige Dampf-wolken auf und reflektierten das Blau des Wassers. Zuweilen wird der ganze Inhalt des Bassins auf einmal entleert. Die Teterata war ein Geysir mit langer Periode. Die Abflussterrassen bestehen aus Kieselsinter, „die weiss, wie aus Marmor gehauen, einen Anblick gewähren, den keine Beschreibung und kein Bild wiederzugeben vermag. Es ist, als wenn ein über Stufen stürzender Wasserfall plötzlich in Stein verwandelt worden wäre“. Die Teterata ist nicht die einzige Quelle des Gebiets, da aber diese herrliche Landschaft verwüstet ist, erübrigt es sich, auf die übrigen Quellen näher einzugehen. In der Streichrichtung der Taupozone verläuft nordwestlich der Pairoakette die Pairoaquellenspalte, die im Waikatotal eine zweite Spalte kreuzt, die Orakeikorakospalte.

Östlich von dem oben geschilderten Tarawerafelde erhebt sich der langgezogene Bergrücken des Tarawera mit den drei Gipfeln Wahanya, Ruawahia 1097 m und Tarawera. Sein Ausbruch 1886 zerstörte die Sinterterrassen bis zum Okarusee. Er bestand in einer



Spalteneruption explosiven Charakters. Dieser besondere Typus wurde im I. Band S. 421 ausführlich geschildert. Kurz vor dem Ausbruch nahm die Geysirtätigkeit zu. Am 10. Juni 1886, 1 Uhr vorm., wurde ein schwerer Erdstoss verspürt, 2 Uhr 10 Min. vorm. stiegen Rauch und Feuersäulen auf, unter gewaltigen Detonationen und Auswurf von Asche, Lapilli und Steinen barst der Berg. Ein  $14\frac{1}{2}$  km langer Explosionsgraben mit zahllosen Explosionskratern tat sich auf. Geysirartige Schlammausbrüche warfen im Süden der Spalte ihre Massen aus. Das ausgeworfene Material war der Hauptsache nach altes liparitische des Untergrundes. Nur Black- und Echokrater förderten Augitandesitschweißschlacken, zum Lavaausfluss kam es nicht. Sapper berechnet die Masse der ausgeworfenen Lockerprodukte auf  $1\frac{1}{2}$  ckm. Der Ausbruch fand am 13. Juni sein Ende.

Der nächste Vulkan ist der Tauhara 915 m am Nordostende des Tauposees, ein dreigipfliges Massiv. Der mittlere Kegel ist stark durchfurcht, ein kleiner parasitärer Kegel, Maunga namu, liegt auf dem Südfuss. Eine Anzahl kleiner Kegel findet sich noch auf der Nord- und Nordostseite des Sees. Im Norden und Süden des Tauposees treten wieder zahllose heisse Quellen zutage. Die bekannteste ist die Dampfquelle Karapiti, deren Abbildung in viele Lehrbücher der Geologie übergegangen ist. Aus einem kreisrunden Loch strömt mit lautem Zischen und Brausen Wasserdampf, dessen Säule auf 20 km Entfernung zu sehen ist. v. Hochstetter stellte bereits fest, dass die Quellengebiete periodischen Veränderungen unterliegen. So stehen die drei Kessel (Puias) von Tokano am Südufer des Sees im Wechselspiel, füllt sich der eine Kessel mit Wasser, so sinkt der Wasserspiegel in den beiden anderen. Das mittlere Bassin war im März und April 1848 ein immenser Geysir, der seine Wassersäule 30 m hoch auswarf. Am Südufer des Tauposees stehen drei grössere Kegel und eine Zahl parasitärer Krater. Es sind Pihanga 915 m, Kakaramea 885 m, Kuharua 854 m, alle drei erloschen. Es folgt nun das gewaltige Tongariromassiv, das mit dem Sockel des Ngauruhoe verfließt. Der Tongariro 1968 m ist durch häufige Verlegung seiner Eruptionszentren ausgezeichnet. Im Nordosten bis Südwesten folgen: der Te Marikegel 1200 m mit einem kleineren Nebenkegel, in der Massivachse liegend der Blue Lakekrater, ferner der Zentral- und Südkrater. Auf einer parallelen Richtung im Westen liegen Nord- und Westkrater, während der Redkrater auf dem Rande des zentralen Kraters reitet. Am Nordabhang des Nordkraters tritt die Solfatare Ketetahi mit Schlammvulkanen in 1460 m zutage. Der Te Mari-Explosionskrater — es sind eigentlich drei Krater — hat sich erst in den Jahren 1868—1869 gebildet. Er und Redkrater sind die aktiven Zentren des Vulkans. Ausbrüche sind nach Sapper: 1855; 1859 Aschen- und Dampfausbrüche des Ketetahi;



1868/1869 Bildung der Te Marischlote; zur Zeit des Taraweraausbruches 1886 Juni erhöhte Tätigkeit des Te Mari; 1887 März; 1890 März dampfte der Redkrater. Grössere Veränderungen brachte der Ausbruch im März 1892 mit sich, die nordöstliche Bergspitze brach ab, der kreisförmige Spalt lief durch zwei Te Marischächte zum alten Krater, im November wiederum war recht lebhafte Tätigkeit an derselben Stelle. 1896 Nov., Dez. mehrere Explosivausbrüche.

Am Süden des Massivs erhebt sich der gewaltige Kegel des Ngauruhoe 2290 m (Marshall), ein Kalderaberg von sehr regelmässiger Gestalt. Sein geräumiger Krater ist gegen Nordwesten offen, seine Konfiguration hat sich im Lauf der Jahre häufiger geändert. 1839 und 1851 starke solfatarische Tätigkeit; 1857 Febr.; 1866—1870 häufige Aschenausbrüche; 1870 5. April; 26. Mai, 18. Juli Explosivausbrüche (Lavaströme?). In den 80er Jahren entstand ein Nebenkrater im Nordwesten, 1893 war im Zentrum ein tiefes Explosionsloch. 1893 14. Febr. fand im Massiv ein Explosionsausbruch statt, wahrscheinlich aus diesem Krater. 1907 Febr. bis April und 1909 März bis April Explosivausbrüche. Am Südfuss des Berges liegt der Kratersee Ngapuma-a-tama.

Unmittelbar im Süden schliesst sich der letzte Vulkanriese dieser Zone an, der Ruapehu 2769 m, er erreicht die Schneegrenze. Seine Gestalt ist die eines abgestumpften Kegels, sein Krater besitzt elliptische Gestalt mit den Durchmessern 1 und  $\frac{1}{2}$  km. Die eis- und schneebedeckten Wände fallen 75 m ab und umschliessen einen See von Schmelzwasser. Der Krater befindet sich in solfatarischem Zustand. Hill fand 1890 März den See alle 2—3 Minuten geysirartig tätig. Aehnliche Dampfexplosionen sind aus den Jahren 1881, 1886, 1889 bekannt. Der letzte erloschene Vulkan der Taupozone endlich ist der Taupiri 574 m.

Etwas ausserhalb der eigentlichen Zone, aber noch zu ihr zu rechnen sind Hauhanga 1068 m, ein kleiner Kegel 793 m, und Hikurangi weiter im Norden. Die ganze Taupozone zählt etwa 19 Vulkaneinheiten, 79% sind erloschen.

## VII. Die übrigen Vulkane der Nordinsel.

Eine isolierte Stellung auf der westlichen Halbinsel der Landschaft Taranaki nimmt der Vulkanriese Mt. Egmont 2514 m, ein erloschener Vulkan, ein. Er ist ein Kegelberg von sehr regelmässiger Form, dessen Gipfel in die ewige Schneegrenze hineinragt. Auf der Nord- und Westseite sind noch die Spuren von mehreren Kratern erkennbar. Die Gehängeböschung übersteigt  $30^\circ$  nicht.

Eine weitere erloschene Vulkanzone zieht sich vom Hafen Whaingaroa gegen Südosten. Zu nennen sind die Berge Karioi, Pirongia, Taurangakohu, Maungatautari und andere.



Der Isthmus von Auckland ist ein Vulkangebiet mit 65 wohl-erhaltenen Ausbruchspunkten. Auf einer Basis von fast horizontal gelegenen tertiären Sandsteinen und Mergeln erheben sich Vulkane kleinsten Maßstabes, wahre Modelle vulkanischer Kegel, Tuff- und Schlackenkegel mit Kratern und Lavaströmen und Lavafeldern. Jeder Ausbruch bahnte sich einen neuen Weg. Der grösste Vulkan ist der Rangitoto 280 m.

Ueber die Zusammensetzung der Laven und jungen Eruptivgesteine geben die Tabellen S. 283 Auskunft.

### VIII. Südneuseeland.

Die südliche Insel besitzt keine tätigen Vulkane mehr. Zwei Halbinseln springen an der Ostküste in das Meer vor, die jungvulkanischer Entstehung sind: Banks Peninsula und die Otago Halbinsel.

Die Banks Halbinsel 1927 m umfasst ein Gebiet von Aetnagrösse. Zahllose Ausbruchspunkte stehen dicht gedrängt, z. T. hat die Erosion schon das Gerüst blossgelegt. Die Analysen der Tabelle S. 295 lehren, dass die Magmen des Lyttletonkrater keine echten Andesite mehr sind. Banks Halbinsel ist bereits atlantische Natronmagmaprovinz.

Die Otago Halbinsel 671 m besteht nach Marshall aus postoligozänen jungen Eruptivgesteinen, Krater und ursprüngliche vulkanische Bergformen sind jedoch nicht mehr erhalten. Kristalline Schiefer bilden die Unterlage. Wie die Tabellen S. 296—301 ausweisen, sind die zur Entwicklung gekommenen Magmen typische Natronmagmen von atlantischem Charakter. Marshall stellte folgende Reihenfolge der Eruptionen auf: 1. Mt. Charlesdolerite und Basalte (Anal. IV, 6), 2. Trachyt (Anal. II, 7), 3. Basalt, 4. alkalireiche trachytoide Phonolithe (Anal. II, 9—11), 5. Basalt, 6. Basanit (Anal. IV, 3), 7. Papanuidolerite und Basalte (Anal. IV, 4—5), 8. Phonolithe vom St. Leonardstypus, trachytoide Phonolithe (Anal. II, 8—11), 9. Port Chalmers Eruptivbreccie, eine Explosionsbreccie mit Blöcken von  $\frac{1}{2}$  m Durchmesser, 10. trachytoider Phonolith, 11. Basalt, 12. Trachydolerit (Anal. III, 5—8), 13. Basalt.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen dieser Magmen weisen in das afrikanische Grabengebiet. Ganz ähnlichen Charakter tragen die Magmen der subantarktischen Inseln weiter im Süden. Sie stellen die Verbindung mit den atlantischen Vulkangebieten des südpolaren Viktorialandes her.

Die Tabelle S. 302 gibt einen Ueberblick über die Tätigkeit der australischen Vulkanbögen. Der Rückgangsindex von Neuguinea und Neupommern ist von der Grösse der äusseren pazifischen, asiatischen Randbögen. Der Tongabogen mit 33 % steht ohnegleichen da, allerdings sind die statistischen Daten nicht sehr sicher.



## Neuseeland, Nordinsel I. Whangaroaistrikt, Te Pukedistrikt, Auckland.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1                     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7                     | 8     | 9      | 10     | 11     | 12    | 13     | 14                                   | 15     | 16    | 17     |
|--------------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------------------------------------|--------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 61,25                 | 72,50  | 73,37  | 58,20  | 50,89  | 53,57  | 48,56                 | 71,88 | 67,15  | 69,93  | 58,83  | 44,66 | 46,60  | 32,26                                | 72,40  | 75,46 | 76,19  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,58                  | 0,07   | 0,08   | 0,87   | 1,97   | 1,15   | 0,45                  | 0,18  | 0,30   | 0,33   | 0,82   | 3,00  | 1,76   | 1,55                                 | —      | 0,03  | 0,06   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,02                  | —      | —      | —      | —      | —      | —                     | 0,25  | 0,16   | 0,21   | 0,32   | 0,40  | 1,76   | —                                    | 0,02   | —     | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 16,53                 | 10,67  | 9,69   | 18,35  | 17,75  | 16,96  | 18,88                 | 13,75 | 15,03  | 15,28  | 19,51  | 18,57 | 16,79  | 26,15                                | 10,00  | 11,27 | 13,49  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,28                  | 4,16   | 4,48   | 1,44   | 2,32   | 2,08   | 8,24                  | 2,32  | 1,86   | 2,96   | 3,28   | 2,14  | 3,87   | 5,04                                 | 6,17   | 1,17  | 0,55   |
| FeO . . .                            | 3,60                  | —      | —      | 3,46   | 7,20   | 7,29   | —                     | 0,61  | 1,73   | 0,65   | 3,67   | 7,48  | 7,58   | 10,30                                | 0,93   | 2,05  | 0,38   |
| MnO . . .                            | —                     | —      | —      | 0,35   | 0,21   | 0,35   | —                     | 0,02  | 0,05   | 0,03   | 0,08   | 0,19  | —      | 0,25                                 | —      | Sp.   | —      |
| MgO . . .                            | 3,19                  | 0,52   | 0,37   | 3,49   | 2,30   | 3,70   | 2,22                  | 0,21  | 0,33   | 0,40   | 1,64   | 2,93  | 2,88   | 3,76                                 | —      | 0,27  | 0,06   |
| CaO . . .                            | 4,95                  | 1,58   | 1,14   | 6,20   | 7,70   | 9,55   | 12,47                 | 1,25  | 2,85   | 2,30   | 5,38   | 7,93  | 7,85   | 10,74                                | 0,22   | 0,53  | 0,59   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,71                  | 3,38   | 4,38   | 2,63   | 3,83   | 2,15   | 2,64                  | 3,02  | 3,00   | 3,26   | 2,49   | 6,49  | 5,18   | 1,23                                 | 5,43   | 3,45  | 4,71   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,10                  | 4,72   | 5,91   | 2,96   | 2,43   | 2,03   | 3,52                  | 3,91  | 3,34   | 3,20   | 2,22   | 2,79  | 3,31   | 1,68                                 | 4,54   | 4,88  | 3,79   |
| Sonstige Bestandt.                   | CO <sub>2</sub> =0,40 | 2,40   | —      | —      | —      | —      | CO <sub>2</sub> =5,74 | —     | —      | —      | —      | —     | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =0,05 | —      | —     | —      |
| H <sub>2</sub> O + . .               | 1,82                  | —      | 0,58   | 2,05   | 2,35   | 1,17   | —                     | 1,43  | 3,85   | 0,97   | 0,56   | 0,70  | 3,04   | 5,66                                 | 0,29   | 0,28  | 0,66   |
| H <sub>2</sub> O — . .               | 0,82                  | —      | —      | —      | —      | —      | 2,28                  | 0,73  | 0,47   | 0,70   | 1,24   | 0,20  | —      | —                                    | —      | 0,07  | 0,13   |
| Sa. . . .                            | 100,25                | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00                | 99,56 | 100,12 | 100,22 | 100,04 | 99,48 | 100,62 | 99,89                                | 100,00 | 99,93 | 100,61 |
| Spez.Gew.                            | —                     | —      | —      | —      | —      | —      | —                     | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —                                    | 1,65   | 2,353 | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7 | 8     | 9     | 10    | 11    | 12 | 13 | 14    | 15    | 16    | 17    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 68,13 | 79,91 | 79,51 | 64,90 | 57,62 | 59,05 | — | 81,06 | 78,41 | 67,26 | 51,84 | —  | —  | 80,67 | 82,30 | 82,47 | 82,47 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,48  | 0,06  | 0,06  | 0,73  | 1,67  | 0,95  | — | 0,15  | 0,27  | 0,70  | 2,61  | —  | —  | —     | 0,04  | 0,04  | 0,04  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,01  | —     | —     | —     | —     | —     | — | 0,12  | 0,10  | 0,16  | 0,20  | —  | —  | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 10,82 | 6,92  | 6,18  | 12,04 | 11,82 | 11,00 | — | 9,12  | 10,08 | 13,12 | 12,68 | —  | —  | 6,55  | 7,23  | 8,59  | 8,59  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,53  | 3,44  | 3,64  | 0,60  | 0,99  | 0,86  | — | 0,98  | 1,25  | 1,40  | 0,93  | —  | —  | 2,58  | 0,48  | 0,22  | 0,22  |
| FeO . . .                            | 3,34  | —     | —     | 3,22  | 6,79  | 6,69  | — | 0,57  | 0,60  | 3,50  | 7,23  | —  | —  | 0,86  | 1,86  | 0,34  | 0,34  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | 0,33  | 0,20  | 0,32  | — | 0,02  | 0,03  | 0,08  | 0,19  | —  | —  | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 5,31  | 0,86  | 0,60  | 5,83  | 5,61  | 6,12  | — | 0,35  | 0,67  | 2,81  | 5,10  | —  | —  | —     | 0,44  | 0,10  | 0,10  |
| CaO . . .                            | 5,90  | 1,87  | 1,33  | 7,41  | 9,34  | 11,28 | — | 1,51  | 2,76  | 6,59  | 9,86  | —  | —  | 0,26  | 0,62  | 0,68  | 0,68  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,99  | 3,61  | 4,59  | 2,83  | 4,20  | 2,30  | — | 3,30  | 3,54  | 2,76  | 7,29  | —  | —  | 5,86  | 3,64  | 4,94  | 4,94  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,49  | 3,33  | 4,09  | 2,11  | 1,76  | 1,43  | — | 2,82  | 2,29  | 1,62  | 2,07  | —  | —  | 3,22  | 3,39  | 2,62  | 2,62  |



| Gestein                    | Mag-<br>ma | Ort                            | Lagerung  | Mineral-<br>Zusammen-<br>setzung  | L     | M     | Q      | A    | C      | Or    | Ab    | An   | Analytiker            |
|----------------------------|------------|--------------------------------|-----------|---|-------|-------|--------|------|--------|-------|-------|------|-----------------------|
| 1 Andesit                  | IV a 7     | Coal Point, Nord Cape          |           |   | 65,20 | 18,42 | +16,38 | 5,48 | 5,34   | 1,49  | 3,99  | 2,67 | J. S. MacLaurin       |
| 2 Liparit                  | II b 8     | Putahi, Whangaroa              |           |   | 55,36 | 12,42 | 32,22  | 6,92 | e=0,02 | 3,33  | 3,61  | —    | "                     |
| 3 Obsidian<br>(Comend.)    | II 8       | Waiarewu Creek, Whangaroa      |           |   | 49,44 | 21,14 | 29,42  | 6,18 | e=2,50 | 4,09  | 4,59  | —    | "                     |
| 4 Andesit                  | IV a 7     | St. Pauls, Whangaroa           |           |   | 67,92 | 19,38 | +12,70 | 4,94 | 7,10   | 2,11  | 2,83  | 3,55 | "                     |
| 5 Basalt                   | IV a 5     | Te Ahuahu Hill, Whangaroa      |           |   | 71,12 | 32,16 | — 3,28 | 5,96 | 5,86   | 1,76  | 4,20  | 2,93 | "                     |
| 6 Dolerit                  | IV 7       | Flat Islands, Whangaroa        |           |   | 58,92 | 34,28 | + 6,80 | 3,73 | 7,27   | 1,43  | 2,30  | 3,64 | "                     |
| 7 Basalt                   |            | Stephenson Island, Whangaroa   |           |   | —     | —     | —      | —    | —      | —     | —     | —    | "                     |
| 8 Liparit                  | III 8      | Gibraltar Rock, Te Puke Distr. |           |   | 56,49 | 2,29  | 41,22  | 6,12 | 1,51   | 2,82  | 3,30  | 0,76 | "                     |
| 9 Liparit                  |            | Kirikiri Creek, Te Puke Distr. |           |   | —     | —     | —      | —    | —      | —     | —     | —    | "                     |
| 10 Liparit                 | III 8      | Kopukairoa, Te Puke Distr.     | Pliozän?  |   | 59,17 | 3,25  | 37,58  | 5,83 | 2,76   | 2,29  | 3,54  | 1,38 | "                     |
| 11 Andesit                 | IV a 7     | Kirikiri Creek, Te Puke Distr. | Pliozän?  |   | 63,55 | 12,78 | 23,67  | 4,38 | 6,59   | 1,62  | 2,76  | 3,30 | "                     |
| 12 Nephelin-<br>basanit    | III 3      | Domain, Auckland               | Pliozän?  |   | 88,16 | 38,12 | —26,28 | 9,36 | 3,32   | 2,07  | 7,29  | 1,66 | "                     |
| 13 Nephelinit              |            | Auckland                       |           |   | —     | —     | —      | —    | —      | —     | —     | —    | "                     |
| 14 Basalt                  |            | Humbuk Creek, Mikonui          |           |   | —     | —     | —      | —    | —      | —     | —     | —    | J. S. MacLaurin       |
| 15 Pantelle-<br>ritliparit | II 8       | Mayor Island, Bai of Plenty    | Bimsstein | 30,45 % A,<br>52,40 % Ab, Or,<br>1,60 % Aenig,<br>14,51 % Aegir,<br>1,04 % Heden-<br>bergit | 52,40 | 17,47 | 30,13  | 6,53 | e=2,53 | 35,45 | 64,53 | —    | A. Lindner            |
| 16 Obsidian                | III 8      | Mayor Island                   |           |   | 57,04 | 5,44  | +37,52 | 7,03 | 0,20   | 3,39  | 3,64  | 0,10 | A. G. Hell            |
| 17 Comendit                | III 8      | Paku Islana, Tairua            |           |   | 63,55 | 0,88  | 35,57  | 7,56 | 0,68   | 2,62  | 4,94  | 0,34 | H. S. Washing-<br>ton |

Literatur: 1.—7. Bell and Clarke, Geol. Surv. New-Zealand Bull. 8, 1909, S. 65, 68, 71, 73, 75. — 8.—11. J. A. Bar-  
trum, Minis. Statement New-Zealand 1913, S. 139, 140, 141. — 12. Washington, II, S. 571, Nr. 33. — 13. P. Mar-  
shall, Transact. New-Zealand Inst. 44, 1912, S. 307. — 14. P. G. Morgan, Geol. Surv. New-Zealand Bull. 6, 1908,  
S. 141. — 15. F. v. Wolff, Zentralbl. f. Min. 1904, S. 211. — 16. A. G. Hell, Ann. Rep. Sec. Min. Vict. 1908,  
S. 13. — 17. Washington, II, S. 161, Nr. 84.



## Neuseeland, Nordinsel II. Coromandelhalbinsel.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1                                 | 2                         | 3                      | 4                                 | 5                                 | 6                                 | 7                                 | 8                                  | 9                                 | 10                                | 11                                | 12     | 13    | 14    |
|--|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 77,59                             | 76,89                     | 73,76                  | 70,80                             | 72,40                             | 69,30                             | 66,20                             | 65,25                              | 57,72                             | 58,40                             | 60,75                             | 61,77  | 57,68 | 58,50 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,63                              | 0,08                      | 0,14                   | —                                 | 0,15                              | 0,18                              | 0,21                              | 0,50                               | 0,66                              | 0,72                              | 0,51                              | 0,75   | 0,82  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | Sp.                               | —                         | —                      | —                                 | —                                 | —                                 | —                                 | —                                  | —                                 | —                                 | —                                 | —      | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,75                             | 12,72                     | 12,96                  | 14,44                             | 14,06                             | 13,92                             | 20,51                             | 20,31                              | 22,49                             | 19,11                             | 18,34                             | 16,48  | 18,84 | 17,67 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,67                              | 0,43                      | 0,20                   | 1,76                              | 0,48                              | 0,48                              | 0,84                              | 1,73                               | 0,96                              | 5,76                              | 0,40                              | 2,38   | 4,96  | 5,64  |
| FeO . . . . .                            | —                                 | 0,70                      | 0,36                   | 1,44                              | 2,52                              | 2,81                              | 1,12                              | —                                  | 4,82                              | 1,22                              | 5,76                              | 3,08   | 1,44  | —     |
| MnO . . . . .                            | Sp.                               | 0,07                      | —                      | 0,43                              | 0,42                              | 0,25                              | —                                 | 0,05                               | 0,21                              | 0,29                              | 0,42                              | 0,15   | 0,21  | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,16                              | 0,17                      | 0,75                   | 0,20                              | 0,20                              | 0,42                              | 0,95                              | 1,20                               | 2,34                              | 2,84                              | 2,03                              | 3,03   | 4,00  | 1,09  |
| CaO . . . . .                            | 0,04                              | 0,57                      | 1,42                   | 0,20                              | 1,15                              | 2,17                              | 0,95                              | —                                  | 1,05                              | 2,95                              | 2,60                              | 5,80   | 6,05  | 3,86  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,56                              | 3,48                      | 2,06                   | 2,89                              | 2,97                              | 1,44                              | 0,90                              | 1,06                               | 1,18                              | 2,80                              | 1,69                              | 1,46   | 2,16  | 4,17  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,99                              | 4,39                      | 4,50                   | 3,45                              | 4,09                              | 3,79                              | 3,10                              | 3,90                               | 3,87                              | 2,59                              | 2,92                              | 3,72   | 2,15  | 7,22  |
| Sonstige Bestandteile                    | BaO=0,10<br>SO <sub>3</sub> =0,07 | Li <sub>2</sub> O=<br>Sp. | CO <sub>2</sub> =<br>— | CO <sub>2</sub> =<br>0,38<br>2,37 | CO <sub>2</sub> =<br>0,82<br>0,86 | CO <sub>2</sub> =<br>2,56<br>2,40 | CO <sub>2</sub> =<br>0,10<br>5,50 | FeS <sub>2</sub> =<br>2,21<br>3,78 | CO <sub>2</sub> =<br>0,05<br>4,80 | CO <sub>2</sub> =<br>1,84<br>1,76 | CO <sub>2</sub> =<br>1,50<br>3,30 | —      | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . .                 | 1,54                              | 0,47                      | 2,00                   | —                                 | —                                 | —                                 | —                                 | —                                  | —                                 | —                                 | —                                 | 1,73   | 0,90  | 1,60  |
| H <sub>2</sub> O — . . .                 | —                                 | 0,02                      | —                      | —                                 | —                                 | —                                 | —                                 | —                                  | —                                 | —                                 | —                                 | —      | —     | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,10                            | 99,99                     | 100,15                 | 100,46                            | 100,15                            | 99,72                             | 100,15                            | 100,00                             | 100,25                            | 100,28                            | 100,22                            | 100,35 | 99,96 | 99,75 |
| Spez. Gew. .                             | 2,511                             | 2,343                     | —                      | 2,015?                            | —                                 | —                                 | —                                 | —                                  | —                                 | —                                 | —                                 | —      | —     | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6    | 7 | 8 | 9        | 10   | 11       | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|---|----------|------|----------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 85,11 | 83,34 | 81,85 | 79,30 | 80,06 | —    | — | — | —        | —    | —        | 68,51 | 65,13 | 66,43 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,52  | 0,06  | 0,11  | —     | 0,13  | —    | — | — | —        | —    | —        | 0,63  | 0,69  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —    | — | — | —        | —    | —        | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,22  | 8,11  | 8,46  | 9,51  | 9,14  | —    | — | — | —        | —    | —        | 10,75 | 12,51 | 11,86 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,28  | 0,18  | 0,91  | 0,74  | 0,20  | 2,32 | — | — | —        | —    | Unfrisch | 0,99  | 2,10  | 5,34  |
| FeO . . . . .                            | —     | 0,63  | 0,33  | 1,34  | 2,32  | 0,39 | — | — | Unfrisch | Tuff | —        | 2,85  | 1,36  | —     |
| MnO . . . . .                            | —     | 0,06  | —     | 0,41  | 0,39  | —    | — | — | —        | —    | —        | 0,14  | 0,20  | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,26  | 0,27  | 1,25  | 0,34  | 0,33  | —    | — | — | —        | —    | —        | 5,04  | 6,78  | 1,85  |
| CaO . . . . .                            | 0,09  | 0,66  | 1,69  | 2,76  | 1,36  | —    | — | — | —        | —    | —        | 6,89  | 7,32  | 4,70  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,72  | 3,65  | 2,21  | 3,13  | 3,18  | —    | — | — | —        | —    | —        | 1,56  | 2,36  | 4,59  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,80  | 3,04  | 3,19  | 2,47  | 2,89  | —    | — | — | —        | —    | —        | 2,64  | 1,55  | 5,23  |



| N  | Gestein                     | Mag-<br>ma | Ort                        | Lage-<br>rung | Mineral-<br>Zusammen-<br>setzung | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | Analytiker    |
|----|-----------------------------|------------|----------------------------|---------------|----------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|---------------|
| 1  | Liparit                     | I 8        | Omahu, Hauraki             |               |                                  | 47,13 | 0,80  | 52,07 | 5,52 | 0,09 | 2,80 | 2,72 | 0,05 | P. Holland    |
| 2  | Obsidian-<br>marekanit      | II b 8     | Tairua River               |               |                                  | 56,92 | 1,92  | 41,16 | 6,69 | 0,66 | 3,04 | 3,65 | 0,33 | E. J. Dunn    |
| 3  | Liparit                     | I 8        | Puketui, Tairua, Hauraki   |               |                                  | 51,33 | 3,74  | 44,93 | 5,40 | 1,69 | 3,19 | 2,21 | 0,85 | Surv. Lab.    |
| 4  | Liparit                     | II b 8     | Putaturu, Hauraki          |               |                                  | 56,99 | 4,18  | 38,83 | 5,60 | 2,76 | 2,47 | 3,13 | 1,38 | J.S.Maclaurin |
| 5  | Liparit                     | II b 8     | Coromandel, Hauraki        |               |                                  | 55,71 | 6,08  | 38,21 | 6,07 | 1,36 | 2,89 | 3,18 | 0,68 | "             |
| 6  | Liparittuff                 |            | Omoho Creek, Coromandel    |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "             |
| 7  | Tuff                        |            | Tokotea Hill, Coromandel   |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "             |
| 8  | Felsit                      |            | Tokotea Hill, Coromandel   |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "             |
| 9  | Tuff                        |            | Tokotea Hill, Coromandel   |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "             |
| 10 | Tuff                        |            | Tokotea Saddle, Corom.     |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "             |
| 11 | Tuff                        |            | Tiki Creek, Coromandel     |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "             |
| 12 | Andesit                     | IV a 7     | Ramarana Creek b. Whiritoa |               |                                  | 59,80 | 16,74 | 23,46 | 4,20 | 6,55 | 2,64 | 1,56 | 3,28 | "             |
| 13 | Hyper-<br>sthen-<br>andesit | IV a 7     | Beesons Island, Coromandel |               |                                  | 61,84 | 17,42 | 20,74 | 3,91 | 7,32 | 1,55 | 2,36 | 3,66 | "             |
| 14 | Horn-<br>blende-<br>trachyt | I 4?       | Castle Rock, Coromandel    |               |                                  | 86,72 | 19,70 | —     | 6,42 | 2,04 | 5,23 | 4,59 | 1,02 | "             |

Literatur: 1. P. Holland, Anal. Journ. Geol. Soc. 55, 1899, S. 467. — 2. E. J. Dunn, Annual Rep. Secr. Min. Victoria 1912, S. 62. — 3. 12. Bell und Fraser, New-Zeal. Geol. Survey Bull. 15, 1912, S. 45, 48. — 4. J. S. Macclaurin, An. Rep. New-Zealand Dom. Lab. 1908, S. 24. — 5. — 11. 13. Bell und Fraser, N. Z. Geol. Surv. B. 4, 1907, S. 87. — 8. ibidem 10. 1910, S. 21. — 14. J. M. Macclaren, Trans. New-Zealand Inst. 32, 1900, S. 215.



## Neuseeland, Nordinsel III. Coromandelhalbinsel, Hauraki.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8      | 9      | 10     | 11                | 12                | 13     | 14                |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 60,40             | 57,32             | 57,25             | 55,58             | 53,28             | 48,90             | 57,15             | 55,85  | 52,65  | 68,12  | 57,42             | 52,69             | 54,10  | 52,60             |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,41              | 0,48              | 0,92              | 0,67              | 0,61              | 0,98              | 0,84              | 1,15   | 1,08   | 0,98   | 0,68              | 0,53              | 0,78   | 0,66              |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —                 | —                 | —                 | —                 | —                 | —                 | 0,10              | —      | —      | —      | —                 | 0,42              | —      | —                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 17,84             | 16,56             | 16,39             | 17,27             | 17,54             | 17,67             | 19,26             | 15,95  | 18,87  | 19,64  | 17,61             | 18,33             | 17,95  | 18,08             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 6,40              | 9,28              | 0,40              | 1,12              | 1,20              | 1,20              | 1,36              | 4,72   | 3,28   | 0,56   | 2,34              | 2,32              | 2,56   | 2,88              |
| FeO . . .                            | —                 | 0,25              | 7,35              | 7,41              | 7,92              | 7,06              | 4,17              | 5,67   | 4,75   | 0,50   | 3,77              | 2,98              | 4,25   | 5,11              |
| MnO . . .                            | 0,05              | 0,25              | 0,36              | 0,40              | 0,78              | 0,19              | 0,42              | 0,10   | 0,15   | —      | 0,43              | 0,25              | 0,15   | 0,23              |
| MgO . . .                            | 0,13              | 0,12              | 3,55              | 4,85              | 5,26              | 3,91              | 3,58              | 3,33   | 4,81   | 0,12   | 2,19              | 3,09              | 1,85   | 4,24              |
| CaO . . .                            | 4,30              | 6,05              | 4,50              | 7,30              | 7,70              | 11,00             | 7,13              | 6,54   | 8,80   | 0,38   | 5,69              | 7,87              | 9,43   | 9,30              |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 2,46              | 2,38              | 2,37              | 1,50              | 2,01              | 1,89              | 2,88              | 2,94   | 2,74   | 0,57   | 3,22              | 2,62              | 2,01   | 2,06              |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,15              | 1,52              | 1,97              | 0,46              | 0,26              | 0,34              | 1,10              | 0,75   | 0,68   | 0,53   | 1,94              | 0,98              | 1,54   | 1,80              |
| Sonstige Bestandtheile               | CO <sub>2</sub> = | CO <sub>2</sub> = | CO <sub>2</sub> = | CO <sub>2</sub> = | CO <sub>2</sub> = | CO <sub>2</sub> = | SO <sub>3</sub> = | —      | BaO =  | —      | CO <sub>2</sub> = | CO <sub>2</sub> = | —      | CO <sub>2</sub> = |
| H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O  | 0,30              | 3,30              | 1,38              | 1,45              | 1,24              | 4,87              | 0,12              | —      | 0,09   | —      | 0,95              | 3,59              | —      | 2,25              |
| Spez. Gew.                           | 7,00              | 2,50              | 3,25              | 2,05              | 2,08              | 2,28              | 1,41              | 3,00   | 2,19   | 8,60   | 2,62              | 3,71              | 5,38   | 1,18              |
|                                      | —                 | —                 | —                 | —                 | —                 | —                 | 0,68              | —      | —      | —      | 0,85              | 0,73              | —      | —                 |
| Sa. . . .                            | 100,44            | 99,66             | 99,69             | 100,06            | 99,88             | 100,29            | 100,20            | 100,00 | 100,09 | 100,00 | 100,02            | 100,11            | 100,00 | 100,39            |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7     | 8     | 9     | 10       | 11       | 12       | 13       | 14    |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 63,51 | 63,47 | 58,74 | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 59,28 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 0,70  | 0,98  | 0,90  | —        | —        | —        | —        | 0,55  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 0,05  | —     | —     | —        | —        | —        | —        | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 12,59 | 10,66 | 12,38 | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 11,99 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 0,56  | 2,01  | 1,37  | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 1,22  |
| FeO . . .                            | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 3,86  | 5,37  | 4,42  | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 4,80  |
| MnO . . .                            | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 0,39  | 0,10  | 0,14  | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 0,22  |
| MgO . . .                            | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 5,97  | 5,67  | 8,05  | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 7,17  |
| CaO . . .                            | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 8,49  | 7,97  | 10,56 | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 11,23 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 3,10  | 3,23  | 2,96  | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 2,25  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | —        | —        | —        | —        | —        | —        | 0,78  | 0,54  | 0,48  | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | Unfrisch | 1,29  |



| Gestein                   | Mag-<br>ma | Ort                       | Lage-<br>rung | Mineral.<br>Zusammen-<br>setzung | L     | M     | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | Analytiker      |
|---------------------------|------------|---------------------------|---------------|----------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----------------|
| 1 Andesit                 |            | Raffin Peninsula, Corom.  |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | J. S. MacLaurin |
| 2 Andesit                 |            | Coromandel                |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 3 Andesit                 |            | Waikoromiko Creek, Corom. |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 4 Andesit                 |            | Waikoromiko, Coromandel   |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 5 Andesit                 |            | Opitonui, Coromandel      |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 6 Augitandesit            | IV 7       | Whangarahi Creek, Corom.  |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 7 Andesit                 | IV a 7     | Thames Mine, Hauraki      |               |                                  | 65,22 | 20,44 | 14,34 | 3,88 | 8,49 | 0,78 | 3,10 | 4,25 | "               |
| 8 Andesit                 | IV 7       | Thames Mine, Hauraki      |               |                                  | 57,72 | 24,44 | 17,84 | 3,77 | 6,89 | 0,54 | 3,23 | 3,45 | "               |
| 9 Pyroxen-<br>andesit     |            | Thames, Hauraki           |               |                                  | 63,28 | 28,46 | 8,26  | 3,44 | 8,94 | 0,48 | 2,96 | 4,47 | "               |
| 10 Hornblende-<br>andesit |            | Thames, Hauraki           |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 11 Hornblende-<br>andesit |            | Thames, Hauraki           |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 12 Hornblende-<br>andesit |            | Thames, Hauraki           |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 13 Hornblende-<br>andesit |            | Tararu Creek, Hauraki     |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 14 Pyroxen-<br>andesit    | IV 7       | Karaka Mine, Hauraki      |               |                                  | 62,12 | 29,94 | 7,94  | 3,54 | 8,45 | 1,29 | 2,25 | 4,23 | "               |

Literatur: 1.—6. Fraser und Adams, Geol. Surv. New-Zealand Bull. 4, 1907, S. 70, 71, 73, 82, 93. — 7.—10. C. Fraser, New-Zealand Geol. Surv. Bull. 10, 1910, S. 24. — 11. 12. A. M. Finlayson, Econ. Geol. IV, 1909, S. 637. — 13. 14. C. Fraser, ibidem 10, 1910, S. 24.



## Neuseeland, Nordinsel IV. Hauraki.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14                      |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 70,34 | 73,73 | 72,30 | 68,50 | 59,35 | 56,90 | 61,30 | 59,29 | 59,20 | 66,31 | 62,85 | 61,83 | 61,20 | 54,90                   |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | —     | 0,12  | 0,12  | 0,34  | 0,75  | 0,78  | 0,60  | 0,93  | 0,98  | 0,54  | 0,55  | 0,56  | 0,85  | 0,57                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | —     | 0,12  | 0,31  | 0,28  | 0,16  | 0,25  | 0,22  | 0,11  | 0,25  | 0,21  | 0,32  | 0,16  | 0,10  | —                       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 10,13 | 10,82 | 12,50 | 14,29 | 17,85 | 17,89 | 16,31 | 17,71 | 17,00 | 16,22 | 15,17 | 16,68 | 17,61 | 18,23                   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 0,56  | 2,46  | 2,12  | 1,80  | 5,92  | 2,67  | 2,68  | 1,98  | 3,96  | 1,14  | 4,78  | 1,52  | 4,35  | 0,74                    |
| FeO . . . .                            | 4,02  | 0,58  | 0,47  | 1,23  | 1,23  | 3,42  | 4,14  | 3,78  | 3,13  | 2,34  | 1,59  | 1,44  | 1,33  | 3,70                    |
| MnO . . . .                            | —     | 0,03  | 0,03  | 0,05  | 0,05  | 0,09  | 0,09  | 0,03  | 0,08  | 0,05  | 0,07  | 0,04  | 0,05  | 0,18                    |
| MgO . . . .                            | 1,74  | 0,20  | 0,10  | 0,88  | 2,02  | 2,64  | 2,65  | 3,21  | 3,02  | 0,85  | 1,83  | 2,40  | 1,21  | 4,20                    |
| CaO . . . .                            | 5,18  | 0,80  | 1,35  | 2,78  | 7,72  | 6,40  | 6,65  | 6,63  | 6,70  | 3,84  | 5,35  | 5,05  | 4,48  | 3,42                    |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 5,01  | 2,68  | 3,25  | 3,12  | 2,55  | 2,92  | 2,58  | 2,81  | 2,63  | 3,95  | 2,56  | 3,12  | 3,21  | 2,92                    |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 2,06  | 4,40  | 2,58  | 2,92  | 1,41  | 1,75  | 1,70  | 1,54  | 1,64  | 2,27  | 2,42  | 1,78  | 1,74  | 2,19                    |
| Sonstige Bestandteile                  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | CO <sub>2</sub> = 1,93  |
| H <sub>2</sub> O + . . .               | 2,14  | 2,94  | 3,54  | 3,74  | 0,70  | 1,13  | 0,54  | 1,46  | 1,30  | 2,32  | 2,32  | 2,43  | 2,69  | FeS <sub>2</sub> = 3,88 |
| H <sub>2</sub> O — . . .               | —     | 0,27  | 0,46  | 0,30  | 0,44  | 1,32  | 0,75  | 0,73  | 0,33  | 0,14  | 0,30  | 2,77  | 1,38  | 3,44                    |

|              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Sa. . . . .  | 101,18 | 100,15 | 100,13 | 100,23 | 100,15 | 100,16 | 100,21 | 100,21 | 100,22 | 100,18 | 100,11 | 99,78 | 100,20 | 100,30 |
| Spez. Gew. . | 2,525  | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3 | 4 | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--|-------|-------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 74,69 | 83,57 | — | — | 67,11 | 66,33 | 67,63 | 65,89 | 66,15 | —  | —  | —  | —  | —  |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | —     | 0,10  | — | — | 0,64  | 0,65  | 0,50  | 0,77  | 0,82  | —  | —  | —  | —  | —  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | —     | 0,05  | — | — | 0,07  | 0,12  | 0,10  | 0,05  | 0,12  | —  | —  | —  | —  | —  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 6,33  | 7,22  | — | — | 11,87 | 11,85 | 10,58 | 11,58 | 11,18 | —  | —  | —  | —  | —  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 0,22  | 1,05  | — | — | 2,51  | 1,13  | 1,10  | 0,83  | 1,65  | —  | —  | —  | —  | —  |
| FeO . . . .                            | 3,56  | 0,55  | — | — | 1,16  | 3,21  | 3,81  | 3,50  | 2,92  | —  | —  | —  | —  | —  |
| MnO . . . .                            | —     | 0,03  | — | — | 0,05  | 0,09  | 0,09  | 0,03  | 0,07  | —  | —  | —  | —  | —  |
| MgO . . . .                            | 2,77  | 0,34  | — | — | 3,43  | 4,46  | 4,38  | 5,35  | 5,06  | —  | —  | —  | —  | —  |
| CaO . . . .                            | 5,89  | 0,97  | — | — | 9,35  | 7,72  | 7,86  | 7,89  | 8,02  | —  | —  | —  | —  | —  |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 5,15  | 2,94  | — | — | 2,79  | 3,18  | 2,75  | 3,02  | 2,84  | —  | —  | —  | —  | —  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 1,39  | 3,18  | — | — | 1,02  | 1,26  | 1,20  | 1,09  | 1,17  | —  | —  | —  | —  | —  |



| N  | Gestein                | Mag-<br>ma | Ort                            | Lage-<br>rung | Mineral-<br>Zusammen-<br>setzung | L     | M     | Q     | A    | C        | Or   | Ab   | An   | Analytiker   |
|----|------------------------|------------|--------------------------------|---------------|----------------------------------|-------|-------|-------|------|----------|------|------|------|--------------|
| 1  | Trachyt                | II 6       | Tawheterangi, Hauraki          |               |                                  | 50,64 | 25,70 | 23,66 | 6,33 | e - 0,21 | 1,39 | 5,15 | —    | W. A. McLeod |
| 2  | Liparitperlit          | 18         | Waiau Valley, Aroha<br>Hauraki |               |                                  | 52,97 | 2,34  | 44,69 | 6,12 | 0,97     | 3,18 | 3,94 | 0,49 | Surv. Lab.   |
| 3  | Wilsontit<br>(Liparit) |            | Tieri Creek, Aroha, Hauraki    |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —        | —    | —    | —    | —            |
| 4  | Dazit                  |            | Aroha, Hauraki                 |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —        | —    | —    | —    | —            |
| 5  | Andesit                | IV 7       | Wainuta River, Hauraki         |               |                                  | 62,72 | 13,21 | 24,07 | 3,81 | 8,06     | 1,02 | 2,79 | 4,03 | —            |
| 6  | Andesit                | IV a 7     | Aroha, Hauraki                 |               |                                  | 65,16 | 16,14 | 18,70 | 4,44 | 7,41     | 1,26 | 3,18 | 3,71 | —            |
| 7  | Andesit                | IV a 7     | Ronunga Creek, Hauraki         |               |                                  | 68,12 | 19,02 | 22,86 | 3,95 | 6,63     | 1,20 | 2,75 | 3,32 | —            |
| 8  | Andesit                | IV a 7     | Wairaka Creek, Hauraki         |               |                                  | 62,76 | 18,60 | 18,64 | 4,11 | 7,47     | 1,09 | 3,02 | 3,74 | —            |
| 9  | Andesit                | IV a 7     | Sheehan Creek, Hauraki         |               |                                  | 60,76 | 17,80 | 21,44 | 4,01 | 7,17     | 1,17 | 2,84 | 3,59 | —            |
| 10 | Dazituff               |            | Te Arik Falls, Aroha           |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —        | —    | —    | —    | —            |
| 11 | Dazituff               |            | Waia Wheta River, Aroha        |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —        | —    | —    | —    | —            |
| 12 | Andesit                |            | Aroha, Hauraki                 |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —        | —    | —    | —    | —            |
| 13 | Andesit                |            | Waieoa River, Aroha            |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —        | —    | —    | —    | —            |
| 14 | Andesituff             |            | Talisman Mine, Aroha           |               |                                  | —     | —     | —     | —    | —        | —    | —    | —    | —            |

Literatur: L. W. A. McLeod, Transact. New-Zealand Inst. 31, 1908, S. 180.

2—14. Henderson und Bartm, New-Zealand Geol. Surv. Bull. 16, 1913, S. 62, 67, 69, 75.







| N. | Gestein | Mag-<br>ma | Ort                 | Lage-<br>rung | Mineral-<br>Zusamm-<br>setzung | L     | M    | Q     | A    | C    | Or   | Ab   | An   | Analytiker      |
|----|---------|------------|---------------------|---------------|--------------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-----------------|
|    |         |            |                     |               |                                |       |      |       |      |      |      |      |      |                 |
| 1  | Liparit | III 8      | Waihi, Hauraki      | Pliozän       |                                | 58,33 | 1,70 | 39,97 | 6,52 | 1,28 | 2,26 | 4,26 | 0,64 | P. Holland      |
| 2  | Dazit   |            | Waihi Mine, Hauraki | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | A. M. Finlayson |
| 3  | Dazit   |            | Waihi Mine, Hauraki | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 4  | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 5  | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 6  | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | Surv. Lab       |
| 7  | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | Surv. Lab       |
| 8  | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | A. M. Finlayson |
| 9  | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 10 | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 11 | Dazit   |            | Waihi Mine          | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | "               |
| 12 | Andesit |            | Waihi, Hauraki      | "             |                                | —     | —    | —     | —    | —    | —    | —    | —    | Surv. Lab       |

Literatur: 1. P. Holland, Quat. J. Geol. Soc. 55, 1899, S. 467.

2, 3, 5—12. Bell und Fraser, New-Zealand Geol. Surv. Bull. 15, 1912, S. 55.

4. A. M. Finlayson, Econ. Geol. IV, 1909, S. 638.



## Neuseeland, Nordinse VI. Taranaki.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2      | 3      | 4      | 5     | 6      | 7      | 8      | 9      | 10    | 11    | 12     | 13    | 14    |
|--|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 55,77 | 58,35  | 56,28  | 53,95  | 54,95 | 52,00  | 52,21  | 57,60  | 56,60  | 50,05 | 64,49 | 52,60  | 51,35 | 50,90 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,74  | 0,43   | 0,95   | 0,97   | 0,95  | 0,89   | 1,05   | 0,73   | 1,20   | 0,95  | —     | —      | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —      | 0,06   | 0,39   | —     | —      | 0,20   | —      | —      | —     | —     | 0,06   | 0,13  | 0,16  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,36 | 20,44  | 18,81  | 19,63  | 19,56 | 18,69  | 19,33  | 20,35  | 20,61  | 21,66 | 14,26 | 18,30  | 18,20 | 20,00 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 4,86  | 2,51   | 5,15   | 3,17   | 3,15  | 6,71   | 4,12   | 4,24   | 3,13   | 3,23  | 3,91  | —      | —     | —     |
| FeO . . . . .                            | 3,64  | 2,44   | 1,85   | 4,06   | 3,78  | 2,67   | 4,81   | 2,39   | 2,30   | 4,93  | 3,28  | —      | —     | —     |
| MnO . . . . .                            | 0,07  | 0,07   | —      | —      | 0,08  | 0,09   | —      | 0,24   | 0,09   | 0,06  | —     | —      | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 2,73  | 1,63   | 2,27   | 3,33   | 3,01  | 3,65   | 3,25   | 1,61   | 1,52   | 3,51  | 1,25  | —      | —     | —     |
| CaO . . . . .                            | 8,45  | 7,45   | 7,72   | 9,05   | 8,70  | 8,72   | 9,01   | 7,06   | 5,81   | 10,14 | 3,67  | 11,05  | 10,23 | 10,38 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,72  | 4,22   | 3,66   | 3,88   | 2,97  | 2,84   | 3,37   | 3,55   | 2,08   | 3,08  | 6,60  | 0,67   | 0,84  | 0,70  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,27  | 2,53   | 2,10   | 1,84   | 1,59  | 1,26   | 1,92   | 1,88   | 4,59   | 1,59  | 0,40  | 0,09   | 0,16  | 0,14  |
| Sonstige Bestandtheile                   | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —     | —      | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . . .               | 0,70  | 0,20   | 1,55   | 0,35   | 1,05  | 2,82   | 0,88   | 0,65   | 2,20   | 0,75  | 1,22  | —      | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O — . . . .               | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —     | —      | —     | —     |
| Sa. . . . .                              | 99,81 | 100,27 | 100,40 | 100,92 | 99,64 | 100,34 | 100,15 | 100,30 | 100,13 | 99,95 | 99,08 | 100,12 | 99,25 | 99,41 |
| Spez. Gew. . .                           | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —     | —      | —     | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 62,35 | 64,94 | 63,87 | 59,89 | 61,54 | 59,88 | 58,66 | 65,07 | 65,63 | 56,24 | 72,03 | 56,91 | 57,37 | 56,97 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,62  | 0,36  | 0,81  | 0,80  | 0,80  | 0,77  | 0,88  | 0,62  | 1,04  | 0,80  | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | 0,03  | 0,18  | —     | —     | 0,09  | —     | —     | —     | —     | 0,03  | 0,06  | 0,07  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,42 | 13,38 | 12,56 | 12,82 | 12,89 | 12,66 | 12,77 | 13,52 | 14,06 | 14,35 | 9,36  | 11,65 | 11,96 | 13,17 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,82  | 1,05  | 2,19  | 1,32  | 1,32  | 2,90  | 1,73  | 1,80  | 1,37  | 1,36  | 1,64  | —     | —     | —     |
| FeO . . . . .                            | 3,39  | 2,26  | 1,75  | 3,76  | 3,53  | 2,56  | 4,50  | 2,25  | 2,22  | 4,61  | 3,06  | —     | —     | —     |
| MnO . . . . .                            | 0,07  | 0,07  | —     | —     | 0,07  | 0,09  | —     | 0,23  | 0,09  | 0,05  | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 4,57  | 2,72  | 3,86  | 5,54  | 5,05  | 6,30  | 5,47  | 2,72  | 2,64  | 5,91  | 2,09  | 7,54  | 5,20  | 4,65  |
| CaO . . . . .                            | 10,12 | 8,88  | 9,39  | 10,76 | 10,44 | 10,76 | 10,85 | 8,55  | 7,22  | 12,20 | 4,39  | 12,81 | 12,25 | 12,45 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,02  | 4,55  | 4,02  | 3,63  | 3,22  | 3,16  | 3,67  | 3,88  | 2,33  | 3,35  | 7,14  | 0,70  | 0,90  | 0,76  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,62  | 1,79  | 1,52  | 1,80  | 1,14  | 0,92  | 1,38  | 1,36  | 3,40  | 1,13  | 0,29  | 0,06  | 0,11  | 0,10  |



| Gestein                        | Mag-<br>ma | Ort                                  | Lage-<br>rung       | Mineral.<br>Zusamm-<br>setzung | L     | M     | Q     | A    | C     | Or   | Ab   | An   | Analytiker      |
|--------------------------------|------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-----------------|
| 1 Andesit                      | IV a 7     | Mt. Egmont, Taranaki                 | Pliozän-<br>Pleist. |                                | 68,24 | 24,74 | 7,02  | 5,64 | 5,78  | 1,62 | 4,02 | 2,89 | J. S. MacLaurin |
| 2 Andesit                      | IV a 7     | New Plymouth, Taranaki               |                     |                                | 78,88 | 13,78 | 7,34  | 6,34 | 7,04  | 1,79 | 4,55 | 3,52 | "               |
| 3 Andesit                      | IV a 7     | New Plymouth, Taranaki               |                     |                                | 72,40 | 16,40 | 11,20 | 5,54 | 7,02  | 1,52 | 4,02 | 3,51 | "               |
| 4 Andesit                      | IV a 7     | New Plymouth, Taranaki               |                     |                                | 71,00 | 24,34 | 4,66  | 4,93 | 7,89  | 1,30 | 3,63 | 3,95 | "               |
| 5 Andesit                      | IV a 7     | New Plymouth, Taranaki               |                     |                                | 69,00 | 21,12 | 9,88  | 4,36 | 8,53  | 1,14 | 3,22 | 4,27 | "               |
| 6 Andesit                      | IV 7       | New Plymouth, Taranaki               |                     |                                | 66,96 | 22,60 | 10,44 | 4,08 | 8,58  | 0,92 | 3,16 | 4,29 | "               |
| 7 Andesit                      | IV a 7     | Sentry Hill, Taranaki                |                     |                                | 71,28 | 26,20 | 2,52  | 5,05 | 7,72  | 1,38 | 3,67 | 3,86 | "               |
| 8 Andesit                      | IV a 7     | Sentry Hill, Taranaki                |                     |                                | 75,04 | 10,94 | 14,02 | 5,24 | 8,28  | 1,86 | 3,83 | 4,14 | "               |
| 9 Andesit                      | IV a 7     | Inglewood, New Plymouth,<br>Taranaki |                     |                                | 75,33 | 9,90  | 14,27 | 5,73 | 7,22  | 3,40 | 2,33 | 3,61 | "               |
| 10 Basalt                      | IV 5       | Mangorei Creek, New Plym.            |                     |                                | 75,32 | 25,80 | —1,12 | 4,48 | 9,87  | 1,13 | 3,35 | 4,94 | J. A. Pond      |
| 11 Hyper-<br>sthen-<br>andesit | IV a 7     | White Island, Bai of Plenty          |                     |                                | 67,10 | 15,22 | 17,62 | 7,43 | 1,93  | 0,29 | 7,14 | 0,97 | W. A. McLeod    |
| 12 Andesit-<br>lapilli         | IV 7       | Rotoehu, Tarawera                    | Lapilli             |                                | 49,64 | 39,52 | 10,84 | 0,76 | 10,89 | 0,06 | 0,70 | 5,45 | J. A. Pond      |
| 13 Andesit-<br>lapilli         | IV 7       | Pareheru, Tarawera                   |                     |                                | 51,88 | 37,30 | 10,82 | 1,01 | 10,95 | 0,11 | 0,90 | 5,48 | "               |
| 14 Andesit-<br>lapilli         | IV 7       | Wairoa, Tarawera                     |                     |                                | 56,12 | 33,24 | 10,64 | 0,86 | 12,31 | 0,10 | 0,76 | 6,16 | "               |

Literatur: 1—10. E. D. Clarke, New-Zealand Geol. Surv. B. 14, 1912, S. 23.

11. W. A. McLeod, Trans. New-Zealand Inst. 31, 1899, S. 488.

12—14. S. P. Smith, Erupt. Tarawera 1887, S. 76.



## Neuseeland, Südinsel I. Banks Peninsula.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 72,70  | 71,29  | 61,88  | 60,69  | 52,18  | 68,80  | 70,34  | 55,12  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 13,85  | 15,70  | 20,60  | 17,75  | 20,00  | 14,95  | 15,40  | 20,41  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,50   | 1,50   | 2,57   | 3,83   | 5,00   | 4,36   | 4,65   | 7,74   |
| FeO . . . . .                            | —      | 0,30   | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| MnO . . . . .                            | —      | —      | 1,19   | 1,21   | 1,03   | 0,20   | 0,55   | 2,75   |
| MgO . . . . .                            | 0,94   | 0,89   | 0,40   | 1,43   | 4,92   | 0,48   | Sp.    | 5,35   |
| CaO . . . . .                            | 3,34   | 3,41   | 2,18   | 1,20   | 15,57  | 4,90   | 4,35   | 3,80   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,60   | 4,81   | 9,70   | 13,10  | 2,30   | 5,58   | 4,65   | 2,50   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,46   | 2,35   | —      | Sp.    | —      | —      | —      | —      |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —      | —      | —      | 0,79   | —      | 0,73   | 0,57   | 3,13   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | —      | 0,07   | 1,98   | —      | —      | —      | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| Sa. . . . .                              | 100,39 | 100,32 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,21 | 100,80 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —      | —      | 2,590  | —      | —      | 2,33   | 2,57   | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 77,57 | 77,09 | 69,16 | 67,67 | 58,56 | 76,72 | 77,39 | 62,61 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,69  | 9,99  | 13,65 | 11,64 | 13,20 | 9,81  | 9,97  | 13,64 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —     | 0,61  | —     | 1,60  | 2,10  | —     | —     | —     |
| FeO . . . . .                            | 1,99  | 0,27  | 2,17  | 1,18  | —     | 3,64  | 3,84  | 6,58  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | 1,13  | 2,39  | 1,73  | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 1,50  | 1,44  | 0,68  | 2,39  | 1,73  | 0,33  | 0,90  | 4,08  |
| CaO . . . . .                            | 3,82  | 3,95  | 2,63  | 1,43  | 5,92  | 0,24  | —     | 6,51  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,75  | 5,03  | 10,58 | 14,14 | 16,84 | 5,29  | 4,63  | 4,77  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,68  | 1,62  | —     | —     | 1,65  | 3,97  | 3,27  | 1,81  |



| N | Gestein                | Mag-<br>ma | Ort   | Lage-<br>rung         | Mineral-<br>Zusamm.-<br>setzung | L      | M     | Q      | A     | C        | Or    | Ab    | An    | Analytiker  |
|---|------------------------|------------|---|-----------------------|---------------------------------|--------|-------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|-------------|
| 1 | Tridymit-<br>trachyt   | IV a 9     | Lyttletonkrater,<br>Bankspeninsula          |                       |                                 | 60,48  | 10,10 | +29,42 | 6,43  | 2,26     | 22,4  | 63,1  | 14,5  | P. Marshall |
| 2 | Tridymit-<br>trachyt   | IV a 9     | Lyttletonkrater,<br>Bankspeninsula          |                       |                                 | 66,56  | 4,98  | +28,46 | 6,65  | 3,34     | 19,5  | 60,1  | 20,5  | "           |
| 3 | Trachyt                | III 4      | Lyttletonkrater,<br>Bankspeninsula          | Rand<br>des<br>Ganges |                                 | 95,60  | 7,96  | — 3,56 | 10,58 | 2,63     | —     | 10,58 | 1,82  | Surv. Lab.  |
| 4 | Trachyt                | III 3      | Lyttletonkrater,<br>Bankspeninsula          | Gang-<br>mitte        |                                 | 93,12  | 22,30 | —14,42 | 11,64 | e = 1,60 | —     | 11,64 | —     | "           |
| 5 | (Trachyt)<br>Phonolith | III 3      | Lyttletonkrater,<br>Bankspeninsula          |                       |                                 | 105,60 | 34,28 | —39,88 | 13,20 | e = 2,10 | 1,65  | 13,20 | —     | "           |
| 6 | Trachyt                | III 6      | Bankspeninsula                              |                       |                                 | 75,35  | 7,94  | +16,71 | 9,26  | 0,24     | 42,6  | 56,4  | 1,0   | MacLaurin   |
| 7 | Trachyt                | II 6       | Cass Peak, Bankspeninsula                   |                       |                                 | 65,27  | 9,48  | +25,25 | 7,90  | —        | 42,00 | 58,00 | —     | Studenten   |
| 8 | Olivin-<br>andesit     | IV a 5     | Post Hills, Christ Church<br>Bankspeninsula |                       |                                 | 79,23  | 21,32 | — 0,55 | 6,58  | 6,51     | 18,00 | 49,00 | 33,00 | "           |

Literatur: 1—2. Marshall, Trans. New-Zealand Inst. 1894, 26, S. 379.

3—5. Washington, II, S. 997—999, Nr. 82—84.

6. J. S. MacLaurin, New-Zealand Geol. Surv. An. Rep. 4, 1909, S. 30.

7. R. Speight, Trans. New-Zealand Inst. 40, 1908, S. 180 und 8. ibidem 25, 1893, S. 369.



## Neuseeland, Südinself II. Otagohalbinsel.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2     | 3      | 4     | 5      | 6     | 7      | 8      | 9      | 10    | 11    | 12    | 13     | 14    |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 53,54  | 56,17 | 50,16  | 53,64 | 53,28  | 51,48 | 66,04  | 60,00  | 57,42  | 57,00 | 55,66 | 54,52 | 53,56  | 56,40 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,34   | 0,21  | 0,13   | 0,12  | 0,15   | 0,21  | —      | —      | —      | —     | —     | —     | —      | 0,13  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 22,52  | 19,25 | 19,75  | 18,26 | 16,38  | 16,37 | 18,38  | 16,26  | 18,83  | 18,56 | 17,18 | 15,84 | 15,28  | 15,84 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,50   | 4,77  | 4,28   | 4,66  | 6,11   | 5,71  | 1,05   | 5,72   | 4,89   | 4,58  | 4,43  | 6,42  | 7,36   | 6,48  |
| FeO . . . . .                            | —      | 2,72  | 3,62   | 2,72  | 4,52   | 4,64  | —      | 3,52   | 3,56   | 2,76  | 3,56  | 4,53  | 5,42   | 3,54  |
| MnO . . . . .                            | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,43   | 0,21  | 1,12   | 1,53  | 2,50   | 1,81  | 0,69   | 1,05   | 0,59   | 0,41  | 0,73  | 0,98  | 1,29   | 0,21  |
| CaO . . . . .                            | 3,01   | 1,26  | 3,10   | 3,70  | 3,09   | 3,60  | 0,96   | 3,30   | 1,75   | 1,05  | 1,14  | 4,20  | 4,30   | 1,52  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 8,80   | 6,08  | 7,63   | 5,51  | 6,42   | 5,86  | 7,22   | 4,08   | 6,23   | 6,34  | 7,02  | 4,38  | 5,51   | 5,80  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 5,26   | 4,66  | 6,73   | 5,86  | 4,18   | 4,09  | 5,09   | 4,17   | 5,46   | 6,13  | 5,30  | 4,23  | 4,88   | 5,78  |
| Sonstige Bestandtheile                   | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 3,30   | 4,09  | 3,96   | 3,73  | 3,52   | 5,82  | 1,50   | 2,64   | 2,36   | 2,96  | 4,53  | 3,64  | 3,12   | 3,96  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,70 | 99,42 | 100,48 | 99,73 | 100,15 | 99,59 | 100,93 | 100,74 | 101,09 | 99,79 | 99,55 | 98,74 | 100,72 | 99,66 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 63,74 | 68,35 | 60,33 | 64,04 | 62,71 | 62,94 | 73,79 | 69,10 | 67,11 | 68,09 | 67,13 | 65,75 | 63,13 | 68,92 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,31  | 0,11  | 0,06  | 0,04  | 0,07  | 0,12  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,77 | 13,79 | 13,98 | 12,82 | 11,33 | 11,78 | 12,05 | 11,08 | 12,95 | 13,04 | 12,18 | 11,01 | 10,50 | 11,24 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —     | 2,18  | 1,93  | 2,08  | 2,70  | 2,62  | 0,43  | 2,48  | 2,15  | 2,05  | 2,05  | 2,99  | 3,25  | 2,97  |
| FeO . . . . .                            | 1,45  | 2,76  | 3,63  | 2,71  | 4,43  | 4,73  | —     | 3,30  | 3,46  | 2,75  | 3,57  | 4,55  | 5,33  | 3,79  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,76  | 0,38  | 2,02  | 2,74  | 4,41  | 3,32  | 1,15  | 2,29  | 1,03  | 0,73  | 1,32  | 1,78  | 2,42  | 0,38  |
| CaO . . . . .                            | 3,84  | 0,64  | 4,00  | 4,74  | 3,90  | 4,72  | 1,14  | 4,09  | 2,19  | 1,35  | 1,48  | 5,44  | 5,42  | 2,03  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 10,14 | 7,17  | 8,88  | 6,37  | 7,31  | 6,58  | 7,81  | 4,57  | 7,05  | 7,33  | 8,19  | 5,22  | 6,28  | 6,86  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,99  | 3,62  | 5,17  | 4,46  | 3,14  | 3,19  | 3,63  | 3,09  | 4,06  | 4,66  | 4,08  | 3,26  | 3,67  | 3,74  |



| N. | Gestein                   | Mag-<br>ma | Ort  | Lage-<br>rung             | Mineral-<br>Zusammen-<br>setzung   | L      | M     | Q      | A     | C                   | Or   | Ab    | An   | Ana-<br>lytiker |
|----|---------------------------|------------|--|---------------------------|--|--------|-------|--------|-------|---------------------|------|-------|------|-----------------|
|    |                           |            |  |                           |  |        |       |        |       |                     |      |       |      |                 |
| 1  | Hornblende-<br>foyat      | III 4      | Harbour Cone, Dunedin                      |                           |  | 119,12 | 7,73  | —26,85 | 14,01 | e =<br>0,12<br>1,76 | 3,99 | 10,14 | 0,88 | Waters          |
| 2  | Tinguait                  | III 6      | Acheron Point, Otago<br>Harbour            | Gang                      | Tonerdeüber-<br>schuss 2,36  | 91,24  | 6,28  | 1,48   | 10,79 | 0,64                | 3,62 | 7,17  | 0,32 | Marshall        |
| 3  | Tinguait                  | II 3       | Hoopers Inlet                              |                           | Viel Feldspat,<br>Ne, Aeg.   | 111,84 | 19,72 | —31,56 | 13,98 | e =<br>0,07         | 5,17 | 8,88  | —    | "               |
| 4  | Ulrichit (camp-<br>t.)    | III 4      | Portobello Bay<br>{ Otago Harbour, Dunedin | 15 Fuss<br>mächt.<br>Gang | Ne. Sanid.<br>{ Anorth. Oliv.<br>Aegirin. Ho.<br>Mt., Ap.<br>Analcim<br>Barkevikit | 94,60  | 16,40 | —11,00 | 10,83 | 1,99                | 4,46 | 6,37  | 0,89 | "               |
| 5  | Ulrichit (guat)           | III 3      |  |                           |  | 87,12  | 23,72 | —10,84 | 10,45 | 0,88                | 3,14 | 7,31  | 0,44 | "               |
| 6  | Trachydolerit             | III 3      | Portobello Bay                             |                           |  | 86,20  | 21,52 | —7,72  | 9,77  | 2,01                | 3,19 | 6,58  | 1,00 | "               |
| 7  | Trachyt                   | III 6      | Portobello                                 | Lava-<br>strom            | Anorthokl.   | 93,96  | 3,79  | 2,25   | 11,44 | 0,61                | 3,63 | 7,81  | 0,30 | "               |
| 8  | Trachytoider<br>Phonolith | III 6      | Au Koraki                                  |                           | Feldspat-<br>reich, Ne-arm   | 74,96  | 12,56 | 12,58  | 7,66  | 3,42                | 3,09 | 4,57  | 1,71 | "               |
| 9  | Trachytoider<br>Phonolith | III 4      | Signal Hill, Dunedin                       |                           |  | 96,24  | 9,68  | —5,92  | 11,11 | 1,84                | 4,06 | 7,05  | 0,92 | "               |
| 10 | Trachytoider<br>Phonolith | III 4      | Logans Point                               |                           | Cossyrit führ.   | 100,12 | 7,56  | —7,68  | 11,99 | 1,05                | 4,66 | 7,33  | 0,52 | "               |
| 11 | Trachytoider<br>Phonolith | II 4       | Purakanui, Dunedin                         |                           | Nephelinreich  | 97,44  | 13,18 | —10,62 | 12,18 | e =<br>0,09         | 4,08 | 8,19  | —    | "               |
| 12 | Trachytoider<br>Phonolith | III 6      | See House                                  |                           |  | 77,96  | 18,48 | 3,56   | 8,48  | 2,53                | 33,7 | 53,1  | 13,2 | "               |
| 13 | Trachytoider<br>Phonolith | III 3      | See House, Dunedin                         |                           |  | 81,80  | 25,24 | —7,04  | 9,95  | 0,55                | 3,67 | 6,28  | 0,28 | "               |
| 14 | Nephelin-<br>Phonolith?   | III 6      | Mopanui, Dunedin                           |                           | Ne. Sa. Sod.<br>Aeg. Cossyrit  | 87,36  | 11,12 | ? 1,52 | 10,60 | 0,64                | 34,0 | 63,0  | 3,0  | "               |

Literatur: 1—14. P. Marshall, A. Journ. Geol. Soc. 62, 1906, S. 399.



## Neuseeland, Südinseel III. Otagohalbinsel.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1         | 2         | 3         | 4     | 5         | 6         | 7     | 8         |
|--|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 54,15     | 57,00     | 53,80     | 54,88 | 54,24     | 50,43     | 49,02 | 51,86     |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,41      | 0,39      | 0,30      | —     | —         | —         | —     | —         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,42      | —         | —         | —     | —         | —         | —     | 0,36      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 16,09     | 16,06     | 18,72     | 22,80 | 18,08     | 18,00     | 19,50 | 19,87     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 7,35      | 5,55      | 4,99      | 3,66  | 2,18      | 3,78      | 4,37  | 6,30      |
| FeO . . . . .                            | 4,90      | 3,22      | 3,59      | 3,26  | 3,53      | 5,65      | 6,60  | 3,11      |
| MnO . . . . .                            | —         | —         | —         | —     | —         | —         | —     | —         |
| MgO . . . . .                            | 1,61      | 0,64      | 0,86      | 0,38  | 0,88      | 2,91      | 2,14  | 2,33      |
| CaO . . . . .                            | 3,86      | 1,51      | 2,80      | 2,24  | 5,01      | 5,76      | 6,78  | 3,77      |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,94      | 8,00      | 7,53      | 7,53  | 5,01      | 5,76      | 7,35  | 4,88      |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,41      | 6,18      | 5,20      | 3,65  | 5,01      | 4,79      | 1,70  | 6,20      |
| Sonstige Bestandteile . .                | Cl = 0,40 | Cl = 0,45 | Cl = 0,14 | —     | Cl = 0,63 | Cl = 0,38 | —     | Cl = 0,51 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,10      | 2,10      | 1,90      | 0,91  | 1,79      | 1,37      | 1,18  | 1,48      |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —         | —         | —         | —     | —         | —         | —     | —         |
| Sa. . . . .                              | 100,74    | 101,08    | 101,12    | 99,94 | 98,64     | 98,83     | 98,64 | 100,67    |
| Spez. Gew. . . . .                       | —         | —         | —         | —     | —         | —         | —     | —         |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 62,93 | 66,46 | 62,53 | 64,59 | 63,38 | 58,43 | 56,80 | 61,11 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,35  | 0,34  | 0,26  | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,21  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,18  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,00 | 11,02 | 12,80 | 15,78 | 12,43 | 12,27 | 13,29 | 13,77 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,21  | 2,43  | 2,17  | 1,62  | 0,95  | 1,64  | 1,90  | 2,79  |
| FeO . . . . .                            | 4,75  | 3,13  | 3,48  | 3,20  | 3,44  | 5,46  | 6,37  | 3,05  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 2,80  | 1,12  | 1,50  | 0,67  | 1,54  | 5,05  | 3,72  | 4,11  |
| CaO . . . . .                            | 4,80  | 1,89  | 3,49  | 2,82  | 6,27  | 7,15  | 8,42  | 4,76  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 6,68  | 9,02  | 9,92  | 8,58  | 8,25  | 6,46  | 8,24  | 5,56  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,27  | 4,59  | 3,85  | 2,74  | 3,74  | 3,54  | 1,26  | 4,67  |



| N | Gestein       | Mag-<br>ma | Ort                       | Lage-<br>rung | Mineral-<br>Zusammen-<br>setzung | L      | M     | Q       | A     | C                | Or   | Ab   | An   | Ana-<br>lytiker |
|---|---------------|------------|---------------------------|---------------|----------------------------------|--------|-------|---------|-------|------------------|------|------|------|-----------------|
|   |               |            |                           |               |                                  |        |       |         |       |                  |      |      |      |                 |
| 1 | Phonolith     | III 3      | Signal Hill, Dunedin      |               |                                  | 83,80  | 22,60 | — 6,40  | 9,95  | 1,05             | 3,27 | 6,68 | 0,52 | C.A. Cotton     |
| 2 | Phonolith     | II 4       | Logans Point, Signal Hill |               |                                  | 88,16  | 27,18 | — 15,34 | 11,02 | e=2,43<br>n=0,16 | 4,59 | 9,02 | —    | "               |
| 3 | Phonolith     | II 3       | Signal Hill               |               |                                  | 102,40 | 22,76 | — 25,16 | 12,80 | e=0,97           | 3,85 | 9,92 | —    | "               |
| 4 | Phonolith     | III 4      | Butlers Peak, Mt. Cargill |               |                                  | 103,48 | 7,74  | — 11,22 | 11,32 | 2,82             | 2,74 | 8,58 | 1,91 | Bartrum         |
| 5 | Trachydolerit | II 3       | Mt. Cargill, Butlers Peak |               |                                  | 97,68  | 21,62 | — 19,30 | 11,99 | 0,44             | 3,74 | 8,25 | 0,22 | "               |
| 6 | Trachydolerit | III 3      | Mt. Cargill               |               |                                  | 89,08  | 30,78 | — 19,86 | 10,00 | 2,27             | 3,54 | 6,46 | 1,13 | "               |
| 7 | Trachydolerit | III 3      | Pine Hill, Mt. Cargill    |               |                                  | 91,16  | 29,44 | — 20,60 | 9,50  | 3,79             | 1,26 | 8,24 | 1,89 | "               |
| 8 | Trachydolerit | III 4      | Leith Valley              |               |                                  | 96,00  | 16,76 | — 12,76 | 10,23 | 3,54             | 4,67 | 5,56 | 1,77 | P. Marshall     |

Literatur: 1—2. C. A. Cotton, Transactions New-Zealand Inst. 1900, S. 120, 118.

3. P. Marshall, A. Journ. Geol. Soc. 62, 1906, S. 407.

4—8. J. A. Bartrum, Trans. New-Zealand J. 44, 1912, S. 169.



## Neuseeland, Südinse IV. Otagohalbinsel.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3     | 4     | 5     | 6      | 7     | 8       | 9     | 10      | 11      | 12     | 13     | 14    |
|--|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|---------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 52,88  | 51,36  | 49,39 | 45,39 | 44,84 | 48,40  | 45,28 | 47,68   | 45,89 | 45,80   | 44,00   | 41,91  | 45,02  | 42,19 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —       | —     | 0,35    | 0,47    | 0,87   | 0,87   | 0,87  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,11   | 0,42   | 0,20  | —     | —     | —      | —     | —       | —     | —       | —       | —      | —      | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 14,44  | 15,98  | 14,86 | 9,61  | 11,92 | 13,05  | 19,01 | 17,90   | 17,17 | 17,91   | 14,07   | 17,59  | 17,78  | 18,00 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 6,72   | 7,64   | 7,35  | 9,27  | 9,12  | 9,02   | 8,52  | 4,48    | 2,60  | 6,14    | 5,16    | 8,07   | 6,61   | 7,73  |
| FeO . . . . .                            | 4,56   | 5,10   | 5,42  | 8,48  | 8,54  | 7,33   | 5,01  | 9,05    | 11,77 | 8,69    | 10,87   | 9,08   | 8,72   | 8,67  |
| MnO . . . . .                            | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —       | —     | —       | —       | —      | —      | —     |
| MgO . . . . .                            | 1,68   | 1,84   | 5,62  | 10,69 | 10,34 | 7,26   | 5,14  | 8,71    | 5,80  | 3,92    | 11,18   | 6,41   | 6,29   | 7,06  |
| CaO . . . . .                            | 3,80   | 6,50   | 7,08  | 9,25  | 9,23  | 8,80   | 7,55  | 5,65    | 10,05 | 8,10    | 10,28   | 7,88   | 8,76   | 9,27  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,78   | 4,26   | 4,71  | 3,14  | 1,43  | 3,50   | 2,66  | 2,35    | 3,60  | 4,71    | 1,74    | 3,37   | 8,32   | 8,15  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 7,09   | 3,97   | 2,54  | 0,55  | 0,68  | 0,57   | 2,51  | 2,68    | 1,54  | 1,77    | 1,98    | 1,58   | 1,16   | 1,05  |
| Sonstige Bestandteile                    | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | Cl=0,20 | —     | Cl=0,11 | Cl=0,11 | —      | —      | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . . .               | 4,00   | 3,60   | 2,52  | 2,81  | 3,04  | 2,84   | 2,99  | 1,16    | 1,20  | 2,10    | 1,40    | 1,54   | 1,57   | 1,35  |
| H <sub>2</sub> O — . . . .               | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —       | —     | —       | —       | —      | —      | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,06 | 100,67 | 99,69 | 99,19 | 99,14 | 100,27 | 98,67 | 99,86   | 99,63 | 99,60   | 101,26  | 101,30 | 100,60 | 99,34 |
| Spez. Gew. . .                           | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —       | —     | —       | —       | —      | 2,957  | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 63,34 | 60,83 | 56,33 | 49,93 | 49,84 | 54,32 | 54,00 | 52,67 | 50,59 | 53,02 | 46,63 | 48,83 | 48,16 | 48,06 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,30  | 0,37  | 0,76  | 0,70  | 0,74  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,06  | 0,21  | 0,09  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,17 | 11,14 | 9,97  | 6,22  | 7,86  | 8,61  | 13,37 | 11,63 | 11,13 | 12,20 | 8,77  | 12,06 | 11,19 | 12,06 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,02  | 3,39  | 3,14  | 3,82  | 3,88  | 3,80  | 3,81  | 1,85  | 1,07  | 2,67  | 2,04  | 3,52  | 2,65  | 3,30  |
| FeO . . . . .                            | 4,55  | 5,03  | 5,15  | 7,78  | 7,97  | 6,86  | 4,98  | 8,33  | 10,82 | 8,38  | 9,60  | 8,82  | 7,77  | 8,23  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 3,02  | 3,27  | 9,62  | 17,63 | 17,38 | 12,22 | 9,20  | 14,43 | 9,59  | 6,81  | 17,79 | 11,20 | 10,09 | 12,06 |
| CaO . . . . .                            | 4,88  | 8,25  | 8,65  | 10,90 | 11,08 | 9,98  | 9,65  | 6,69  | 11,87 | 10,04 | 11,68 | 9,84  | 10,04 | 11,31 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,54  | 4,88  | 5,20  | 3,34  | 1,55  | 3,80  | 3,08  | 2,51  | 3,84  | 5,27  | 1,78  | 3,80  | 8,61  | 3,47  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 5,42  | 3,00  | 1,85  | 0,38  | 0,49  | 0,41  | 1,91  | 1,89  | 1,09  | 1,31  | 1,34  | 1,17  | 0,79  | 0,77  |



| Nr. | Gestein              | Mag-<br>ma | Ort                      | Lage-<br>rung | Mineral.<br>Zusammen-<br>setzung                  | L     | M     | Q      | A     | C      | Or   | Ab   | An   | Analytiker |
|-----|----------------------|------------|--------------------------|---------------|---|-------|-------|--------|-------|--------|------|------|------|------------|
| 1   | Leuzito-<br>pyr      | II b 3     | Puketeraki               |               | Leu. Aeg.<br>Aug. Ne.                             | 81,36 | 29,64 | —11,00 | 10,17 | e=0,79 | 5,42 | 5,54 | —    | Marshall   |
| 2   | Trachy-<br>dolerit   | III 3      | Papermills, Leith Valley |               | Andes. Ho.<br>Aug. Oliv.                          | 76,08 | 26,58 | —2,66  | 7,88  | 3,26   | 3,00 | 4,88 | 1,63 | "          |
| 3   | Nephelin-<br>basanit | III 3      | Otago, Dunedin           |               |   | 68,08 | 41,00 | —9,08  | 7,05  | 2,92   | 1,85 | 5,20 | 1,46 | "          |
| 4   | Dolerit              | IV a 5     | Papanui, Dunedin         |               | Gleichm.<br>körnig.<br>Oliv.-Einspr.<br>Lab. Byt. | 39,76 | 67,62 | —7,38  | 3,72  | 2,50   | 0,38 | 3,34 | 1,25 | "          |
| 5   | Dolerit              | IV 5       | Papanui, Dunedin         |               |   | 39,60 | 61,22 | —0,82  | 2,04  | 5,82   | 0,49 | 1,55 | 2,91 | "          |
| 6   | Dolerit              | IV a 5     | Mount Charles, Dunedin   | Nr. 1         | Oliv. Aug.<br>Lab. Einspr.                        | 51,28 | 49,32 | —0,60  | 4,21  | 4,40   | 0,41 | 3,80 | 2,20 | "          |
| 7   | Basalt               | IV a 5     | Dunedin                  |               |   | 73,44 | 30,90 | —4,34  | 4,99  | 8,38   | 1,91 | 3,08 | 4,19 | "          |
| 8   | Basalt               | IV a 5     | Mt. Cargill, Dunedin     |               | Tonerde-<br>überschuss<br>0,54                    | 62,50 | 45,52 | —8,02  | 4,40  | 6,69   | 1,89 | 2,51 | 3,34 | Bartrum    |
| 9   | Basalt               | IV a 5     | Mt. Holmes, Dunedin      |               |   | 64,24 | 52,16 | —16,40 | 4,93  | 6,20   | 1,09 | 3,84 | 3,10 | "          |
| 10  | Basalt               | IV a 5     | Signal Hill, Dunedin     |               |   | 75,12 | 39,22 | —14,43 | 6,58  | 5,62   | 1,31 | 5,27 | 2,81 | Cotton     |
| 11  | Basalt               | IV a 5     | Signal Hill, Dunedin     |               |   | 47,56 | 66,84 | —14,40 | 3,12  | 5,65   | 1,34 | 1,78 | 2,82 | "          |
| 12  | Basalt               | IV a 5     | Clarendon, Otago         |               |   | 68,12 | 45,54 | —13,66 | 4,97  | 7,09   | 1,17 | 3,80 | 3,54 | Andrew     |
| 13  | Basalt               | III 2      | Clarendon, Otago         |               |   | 82,96 | 52,22 | —34,58 | 9,40  | 1,79   | 0,79 | 8,61 | 0,84 | "          |
| 14  | Basalt               | IV a 5     | Clarendon, Otago         |               |   | 65,20 | 47,56 | —12,76 | 4,24  | 7,82   | 1,77 | 3,47 | 3,91 | "          |

Literatur: 1—7. P. Marshall, A. J. Geol. Soc. 62, 1906.

8—9. J. A. Bartrum, Trans. New-Zealand Inst. 44, 1912, S. 175, 176.

10—11. C. A. Cotton, Trans. New-Zealand Inst. 41, 1909, S. 122, 123.

12—14. A. R. Andrew, Trans. New-Zealand Inst. 38, 1906, S. 461.



## Die Einengung des Vulkanismus des „Australischen Randes“.

| Vulkan-<br>bogen             | Zahl der<br>vulkanischen<br>Einheiten | Erschene<br>Vulkan-<br>einheiten | Solfatarisch<br>tätige<br>Vulkane | Explosiv<br>tätige<br>Vulkane | Explosiv und<br>effusiv tätige<br>Vulkane    | Solfatarische<br>Vulkane<br>% | Explosive<br>Vulkane<br>% | Explosive<br>und effusive<br>Vulkane<br>% | Erschene<br>Vulkane<br>% |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|---|--------------------------|
| Neuguinea                    | 24                                    | 16                               | 1                                 | 4                             | 3  | 4                             | 16                        | 12  | 68                       |
| Neupommern                   |                                       |                                  |                                   |                               | Material reicht zu einer Statistik nicht aus |                               |                           |   |                          |
| Kombiuzone                   | 9                                     | 6                                | 1                                 | 2                             | —  | 10                            | 22                        | —   | 68                       |
| Britisch Papua               |                                       |                                  |                                   |                               | Material reicht zu einer Statistik nicht aus |                               |                           |   |                          |
| Salomonen                    | 29                                    | 22                               | 5                                 | 2                             | —  | 18                            | 7                         | —   | 75                       |
| Neu Hebriden                 | 26                                    | 14                               | 1                                 | 7                             | 4  | 4                             | 26                        | 14  | 56                       |
| Tonga-<br>Kernadec-<br>bogen | 15                                    | 5                                | —                                 | 7                             | 3  | —                             | 47                        | 20  | 33                       |
| Taupozone,<br>Neuseeland     | 19                                    | 15                               | 1                                 | 3                             | —  | 5                             | 16                        | —   | 79                       |



## Literatur.

## Neuguinea, Neupommern, Neumecklenburg usw.

W. K. H. Feuilleateau de Bruyn. Contribution à la Géologie de la Nouvelle-Guinée. Bull. des Laboratoires de Géologie etc. de l'Université de Lausanne 30, 1921.

Referat von W. Behrmann. Zeitschr. f. Erdk. 1922, S. 63—64.

K. L. Hammer. Die geographische Verbreitung der vulkanischen Gebilde und Erscheinungen im Bismarckarchipel und auf den Salomonen. Inaug.-Diss. Giessen 1907.

G. Kunze. Krakar oder Dampierinsel. Peterm. Geogr. Mitt. 42, 1896, S. 193—195.

E. Lehmann. Petrographische Untersuchungen an Eruptivgesteinen von der Insel Neupommern. Tscherm. Min. petr. Mitt. N. F. 27, 1908, S. 1—63.

A. Liversidge. Rocks from N. Britain and N. Ireland. Journ. Proc. Roy. Soc. N. S. Wales 1882, 16, S. 47—51.

A. Gibb. Maitland. Geol. Observ. in British N. Guinea in 1891 Blue Book Queensland 1892. — Salient geological Features of British N. Guinea. W. Austral. Nat. hist. Soc. 1905.

N. v. Miklucho-Maclay. Ueber vulkanische Erscheinungen an der Nordküste von Neuguinea. Peterm. Geogr. Mitt. 1878, S. 407.

P. St. Richarz. Der geologische Bau von Kaiser Wilhelmsland nach dem heutigen Stand unseres Wissens. N. Jahrb. f. Min. BB. 29, 1910, S. 406—536. — Die Ritterinsel und die Flutkatastrophe in der Dampierstrasse am 13. März 1888. Mitt. a. d. Deutschen Schutzgeb. 4, 1891, S. 59—61.

K. Sapper. Die Vulkanberge Neuguineas. Zeitschr. f. Vulk. VI, S. 1—14. — Beitr. z. Kenntnis Neupommerns und des Kaiser Wilhelmslandes. Peterm. Geogr. Mitt. 56, 1910, S. 189—193, 255—256. — Neumecklenburg. Geog. Z. XV, 1909, S. 425—450. — Wiss. Ergebn. einer amtlichen Forschungsreise nach dem Bismarckarchipel. — Dankelmanns Mitt. a. d. Deutschen Schutzgebieten, Erg.-Hefte III, Berlin 1910, S. 44.

Fhr. v. Schleinitz. Begleitworte zur Karte der Nordküste und des westlichen Teils der Insel Neupommern. Zeitschr. f. Erdk. 1896, 31, S. 137—154. Des östlichen Teils. Ebendort 1897, 32, S. 349—359.

W. M. Strong. Recent Exploration in British New Guinea. The Geog. Journ. London 1908, 32, S. 270—274.

E. Suess. Antlitz der Erde. III, 2, S. 342, 348.

J. P. Thomson. H. H. Sir William McGregors ascent of Mt. Victoria and explorations of the Owen Stanley Range, British New Guinea. — Proc. a. Transact. of the Royal. Geograph. Soc. of Australasia, Queensland Branche, Vol. V, 1889, Brisbane 1889, 24 S. — On the Nordeast Coast of Brit. New Guinea and some of the adjacent islands. Ebenda, Vol. 5, Part. 2, 1889—1890.

Pflüger. Einige geologische Bemerkungen über den Bismarckarchipel. Mitt. a. d. Deutschen Schutzgebieten 14, 1901, S. 131—138.

A. Wichmann. Nova Guinea I—IV, Leiden 1909—1917.

## Salomonen.

H. B. Guppy. The Solomon Islands, theyr Geology, general features and suitability for colonation. London 1887, VII, 152 S., 2 Karten.

P. Marshall. Oceania, in Handbuch der regionalen Geologie, herausg. v. G. Steinmann und O. Wilckens, VII, 2, 36 S.

K. Sapper. Eine Durchquerung von Bougainville. Dankelmanns Mitt. 23, 1910, S. 206—217.



W. W. Watts and E. T. Newton. Notes on rocks from Solomon Islands. Geol. Magaz. 1896, S. 358—365.

#### Neuhebriden.

D. Mawson. The Geology of the New Hebrides. Proc. Linn. Soc., N. S. Wales, 32, 1907, S. 400—485.

#### Fijiarchipel.

W. G. A. Woolnough. A contribution to the geology of Viti Levu. Proc. Linn. Soc., N. S. Wales, 32, 1907, S. 431—471.

#### Tonga- und Kermadecinseln.

Lister. Notes on the geology of the Tonga Islands. Quart. Journ. Geol. Soc. 59, 1891.

R. Speight. Petrological notes on the rocks of the Kermadec Islands. Trans. New-Zealand Inst., 42, 1909, S. 242—254.

A. P. W. Thomas. Notes on the rocks of the Kermadec Islands. Transact. New-Zealand Inst., 26, 1888, S. 311—315.

#### Neuseeland.

Die Literatur über Neuseeland ist von O. Wilckens zusammengestellt: Die geologische Literatur über Neuseeland bis zum Jahre 1907. N. Jahrb. f. Min. 1909, II, S. 265—301, 433—466. — Ferner in: P. Marshall. New-Zealand and adjacent Islands. Handbuch d. regionalen Geologie, VII, 1, herausg. v. G. Steinmann u. O. Wilckens. Heidelberg 1911.

Es seien hier nur einige wichtigere Quellen angeführt:

G. Fraser und J. H. Adams. The Geology of the Coromandel Subdivision, Hauraki Auckland. Bull. N. Zealand. Geol. Surv. 1907.

C. Fraser. The Geology of the Thames Subdivision, Hauraki, Auckland. Ebenda 1910.

Bell u. Clarke. The Geology of Whangaroa Subdivision, Hokianga Division. Ebenda 1910.

B. Friedländer. Some Notes on the Volcanoes of the Taupo District. Trans. New-Zealand Inst., 31, 1899, S. 498—510.

F. v. Hochstetter. Geologie von Neuseeland. Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde. Wien 1864.

F. W. Hutton. Sketch of the Geology of New-Zealand. Quart. Journ. Geol. Soc., 41, 1885, S. 191—220.

P. Marshall. Geology of centre and north of North Island. Transact. New-Zealand Inst., 40, 1908, S. 79—98.

J. Park. The Geology of New Zealand. An Introduction to the historical, structural and economic Geology 1910, 488 S.

S. P. Smith. The Eruption of Tarawera. Wellington 1889.

O. Wilckens. Die Geologie von Neuseeland. Geol. Rundschau, VIII, 1917, S. 142—161.



## V. Kapitel.

### Die Antarktanden und der pazifische Rand Südamerikas.

#### Einleitung.

Ein gewaltiges Hochgebirge, die Kordilleren oder Anden, umsäumt den Westrand des südamerikanischen Kontinents und rückt die Wasserscheide zwischen Pazifischem und Atlantischem Ozean hart an die pazifische Küste. Dieses Gebirge nimmt unter den großen, jugendlichen Faltengebirgen der Erde eine Sonderstellung ein, an seinem Aufbau beteiligen sich Eruptivgesteine und vulkanische Erscheinungen in ungewöhnlichem Maßstabe, und zu dem tangentialen Zusammenschub kommt eine vertikale Heraushebung großen Ausmaßes als gleichwertiges orogenetisches Moment hinzu. Die Antarktanden, welche den westlichen pazifischen Rand des antarktischen Kontinents bilden, zeigen in vielen Beziehungen die gleichen Merkmale.

Das Gebirge gliedert sich in eine Reihe paralleler, meridional gerichteter Ketten, man unterscheidet die Küstenkordillere, die West- oder Hochkordillere und die Ostkordillere, in manchen Abschnitten noch eine Zentralkordillere. Die Westkordillere bildet das eigentliche durchlaufende, vulkangekrönte Rückgrat. Die Breite des Gebirges ist nicht konstant, in der Puna von Atakama und der Altiplanicie von Bolivien schwillt es zu einer breiten, im eigenen Schutt erstickten Hochfläche an, die äußerlich die strenge Geschlossenheit von Parallelketten vermissen läßt. Interandine Hochflächen schieben sich häufiger zwischen die beiden Hauptkordilleren ein. Das große, grabenartige chilenische Längstal ist eine gewaltige Depression, sie trennt die Küstenkordillere von der westlichen Hauptkordillere und mündet im Norden in den Atakamagraben, in dem der Ozeanboden bis zu — 7636 m absinkt. Auch weit nach Süden, innerhalb der patagonischen Kordillere, läßt sich die Fortsetzung verfolgen, teilweise ist das Meer hier eingedrungen; die Corvoadobai zwischen Chiloë und dem Festland und die sich anschließenden Kanäle sind ihre südlichsten Spuren.

Auf der Ostseite des Gebirges lösen sich in Westargentinien vom Kordillerenrand meridionale Ketten ab, die sich aus gefalteten altpaläozoischen Schiefen aufbauen, die Vorkordilleren oder Präkordilleren, Stelzner nannte sie Antikordilleren. An diese schließen sich weiter nach Osten Ketten an, die aus präkambrischen kristallinen Schiefen oder noch älteren Gneisen bestehen, oder ähnliche Ketten tauchen inselartig aus



der jüngeren Bedeckung auf, es sind die „pampinen Sierren“ Argentiniens.

Das ist in großen Zügen gezeichnet das heutige Bild des dem Pazifischen Ozean zugekehrten Randes des südamerikanischen Kontinentes. Es läßt bereits ahnen, daß seine innere Struktur nicht so einfach ist und daß genetisch verschiedene Elemente hier zu einem Ganzen vereinigt worden sind.

Um nun die vulkanischen Ereignisse in den tektonischen Rahmen einordnen zu können, ist es erforderlich, auf die geologische Geschichte der in Frage kommenden Erdräume näher einzugehen.

### Geologischer Überblick.

Brasilien und Uruguay, ferner weitere Teile von Argentinien und Patagonien, so die abgetrennten Stücke zwischen Rio Negro und Rio Chubut und südlich des Rio Deseado sind Bruchstücke einer alten Masse, des brasilianischen Schildes, der mit dem kanadischen oder baltischen Schild vergleichbar ist. Gneise, gefaltete präkambrische und ältere kristalline Schiefer mit Granitintrusionen setzen sie zusammen. Innerhalb dieser Masse sind jüngere paläozoische Formationen bis jetzt noch nicht einwandfrei nachgewiesen. Dagegen konnte Bodenbänder am Ostabhang der Nevada de Famatina die Transgression kambrischer Diktyonemaschiefer über stark gefaltetem Präkambrium feststellen, ähnliche Beobachtungen machte Keidel in der Sierra de Aconquija. Damit ist eine vorkambrische Faltung sicher festgestellt. Von noch älteren Orogenesen, die wohl andeutungsweise vorhanden sind, mag abgesehen werden.

#### 1. Die pampinen Sierren.

Die pampinen Sierren sind Teile der brasilianischen Masse und nach Gerth im wesentlichen das Produkt dieser präkambrischen Gebirgsbildung, wenn auch die späteren Orogenesen ihre heutige tektonische Stellung überdeckend mitbestimmt haben. Eine gleiche Rolle wie die pampinen Sierren im Osten spielen die Kulissen der alten Küstenkordillere auf der Westabdachung des Gebirges. Sie bilden den Westrand des chilenischen Längstales, tauchen weiter im Norden an der Küste Perus zwischen Mollendo und Pisco aus dem Meere. In Columbien ist die Kordillere de Choco ein ihnen angehöriges Stück. Die pampinen Sierren und die Küstenkordillere sind das älteste Element der Kordilleren. Eine ähnliche starre Masse wie der brasilianische Schild scheint auch der antarktische Kontinent zu sein, dessen Untergrund sich aus alten Gneisen und kristallinen Schiefeln aufbaut.

#### 2. Die Vorkordilleren.

Während des Paläozoikums und noch später tauchen randliche Teile des brasilianischen Schildes in das Meer vorübergehend unter, Transgressionen



und Regressionen lösen sich ab; marines Kambrium, Untersilur, Obersilur und Devon, in Peru sogar marines Oberkarbon kommen in diesen Gebieten zur Ablagerung, gegen den brasilianischen Kontinent in küstennahe Sedimente übergehend. Am weitesten greift die Transgression des Unterdevons über; nicht nur im Westen und Nordwesten, auch in Paraguay und Südbrasilien legt sich Unterdevon in flacher Lagerung transgredierend über den alten Untergrund. Auf den Falklandinseln liegt nach Hall Unterdevon diskordant auf Gneis; es entspricht hier in seinen unteren Abteilungen der „Table-Mts.-Serie“, in der mittleren und oberen Stufe den Bokkevelschichten Südafrikas. Im jüngeren Paläozoikum verlandet die brasilianische Masse mehr und mehr; abgesehen von randlichen, marinen, permischen Sedimenten sind in den in Frage kommenden Räumen nur terrestrische Ablagerungen des permokarbonen Gondwanakontinents zum Absatz gekommen. Man hat die hierhergehörigen klastischen Ablagerungen mit einer Gondwanafloora als „Paganzoschichten“ zusammengefaßt. Ihnen äquivalent sind die fossilileren Beaconsandsteine auf dem antarktischen Kontinent. Die stratigraphische Eingliederung terrestrischer Ablagerungen stößt beim Fehlen geeigneter Leitfossilien auf Schwierigkeiten, wenn sie nicht mit Schichten einer marinen Fazies in Verband treten. So ist ihre Abgrenzung nach unten gegen das liegende Devon nicht ganz scharf zu ziehen. Auf den Falklandinseln hat Hall Schichten etwa gleicher Stellung als „Lafonische Formation“ beschrieben. Sie beginnen mit einem glazialen Basalkonglomerat mit gekritzten Geschieben, sog. Tilliten, einer permokarbonischen Moräne. Er stellt sie dem südafrikanischen Dwyakonglomerat äquivalent. Tillitspuren sind dann sehr viel weiter westlich in den Paganzoschichten in der Sierra de la Ventana, in der pampinen Sierra de Ulapes, Prov. San Juan, Argentinien, von Keidel entdeckt, ferner am Ostabhang der Famatinakette von Penck. Alle verwandtschaftlichen Beziehungen weisen also nach Südafrika. Auch ist damit ein Anhaltspunkt für die zeitliche Gleichstellung gewonnen. Keidel erkannte in der Vorkordillere zwei glaziale Horizonte, die Zwischenschichten stellt er den Talchirschichten und der unteren Ekkaserie, die hangenden Sandsteine der Karharbaristufe äquivalent. Nach oben geht die Paganzoserie in mächtige rote Sandsteine mit einer Rhätfloora und eingeschalteten Melaphyrdecken über.

Die Vorkordilleren bauen sich allgemein aus gefalteten Schichten vom Kambrium bis zum Devon und Granitintrusionen auf. Sie sind das Ergebnis einer jungpaläozoischen Orogenese. Da jüngere Glieder der Paganzoformation sich diskordant über die abgetragenen Falten des Paläozoikums legen, muß diese Faltung noch vor ihrer Ablagerung, also in der Permzeit, erfolgt sein. Die Faltung, welche an Umfang und Intensität die später zu betrachtende junge andine Faltung übertraf, ist jedenfalls mehrphasig und erstreckte sich über eine längere Zeitperiode, denn in Südperu beobachtete Gerth bei



Huanta schwach gefaltetes marines Oberkarbon diskordant über intensiv gefaltetem älteren Paläozoikum. Hier hat die Faltung bereits früher eingesetzt. Gleichzeitig oder im Gefolge der Faltung fanden ausgedehnte Intrusionen eines granitisch-felsitischen Magmas statt. Keratophyre und Quarzporphyre kamen im Anschluß zum Erguß. In den transgredierenden Rhätschichten erscheinen bereits ihre Gerölle. Diese Ergüsse sind eine so ständige Begleiterscheinung dieser Faltung, daß Windhausen an den Ausbissen der triadischen Quarzporphyre den Verlauf der permisch-karbonischen Faltungszüge verfolgen konnte. — Backlund bezeichnet die Orogenese als „präandine Faltung“. Die Faltung bleibt auf die Peripherie des brasilianischen Schildes und der dazugehörigen patagonischen Teilstücke beschränkt. In Südpatagonien schmiegt sich die präpatagonische Kordillere, mit dem Feuerland beginnend, dem Ostrand der patagonischen Kordilleren an, um dann am Südrand des Deseadomassivs in Kap Tres Puntas südlich vom San Jorge Golf in den Atlantischen Ozean auszustreichen.

Im Norden des genannten Golfes erkennt man im Osten des Rio-Negro-Chubutmassivs ein weiteres Bogenstück, das in die Bahia de S. Matias ausläuft. Weitere Spuren dieser Orogenese erscheinen auf den Falklandinseln. Hier ist nach Hall die Faltung des Unterdevons jünger als Unterlafon, aber älter als die oberen Abteilungen des Lafons. Diese Formation wird von Diabasgängen durchsetzt, die offenbar gleichartig mit den den Horst begrenzenden Verwerfungen sind. Unverkennbar sind wieder die Beziehungen zu dem südafrikanischen Kapgebirge; dasselbe wurde nach Ablagerung der Ekkaperiode und vor derjenigen der Uitenhagenformation (= untere Kreide) gefaltet, Doleritintrusionen in der unteren Karooformation vervollständigen die Übereinstimmung. So trägt Keidel keine Bedenken, die Präkordilleren mit der Kapfaltung in Verbindung zu bringen. Wie die gefalteten Graptolithenschiefer auf den Südorkneyinseln beweisen, sind hier die südlichsten Vorposten der Präkordillere.

Nördlich der Bahia Blanca verläuft die Kordillerenfaltung den Südrand des brasilianischen Schildes entlang, um sich in Mendoza, San Juan bis Catamarca dem Ostrand der Kordilleren anzuschmiegen. Die Famatinakette, die Sierra de la Ventana in Westargentinien gehören zum Vorkordilleren-system. Erstere tritt unter dem Vulkan Peladito in die Puna ein. Hier geht ihre Spur streckenweise verloren. Sie streicht aber durch die Puna, denn im südlichen Peru erscheinen die paläozoischen Faltenzüge wieder und bilden den Hauptbestandteil der Ostkordillere, die östlich des Titicacasees in der Illimani- und Illampukette zu gewaltigen Höhen ansteigen.

Während nun die Profile, die Gerth und Bowman in Südperu, Steinmann und Douglas in Mittelperu gezogen haben, ein ausreichendes Bild von der Tektonik des Gebirges vermitteln, haben die Reisen Sievers in Nordperu eine, wenn auch noch lückenhafte, Orientierung ge-



geben. Die alten Gesteine der Ostkordillere Ecuadors habe ich selbst petrographisch untersucht. Neben Tonschiefern und Phylliten spielen Albitgneise hier eine größere Rolle, die man nach dem heutigen Stande der Forschung als Epiparagneise bezeichnen würde. In dem ganzen Komplex sind Fossilspuren, die eine genauere stratigraphische Eingliederung erst ermöglichen, noch nicht gefunden. Nach den Erfahrungen, die inzwischen in Columbien gemacht sind, läßt sich nur mit einiger Sicherheit sagen, daß diese Formationen älter als untere Kreide sein müssen. In Columbien hat Hettner die vorkretazäischen, halbkristallinen Tonschiefer als Quetamaschichten ausgeschieden. Der Eindruck, den diese kristallinen Schiefer machen, ist der hochdynamometamorpher Sedimente vom Charakter der Bündner Schiefer, jedenfalls sind auch Beweise für ihr archaisches Alter nicht zu erbringen, seitdem Phyllit, Glimmerschiefer, Gneis aufgehört haben Formationsbegriffe darzustellen, und es ist daher sehr wohl möglich, daß paläozoische oder selbst jüngere Formationen sich unter ihnen verstecken. In Columbien liegen ganz analoge Verhältnisse vor. Das meridionale Streichen der paläozoischen Vorkordillerenfaltung biegt in das W—O gerichtete karaibische Streichen ein. Die Vorkordillerenfaltung umsäumt also die brasilianische Masse. Über die Faltungsrichtung des alten Vorkordillerenystems sind sichere Aussagen kaum zu machen, da die alten Falten durch die jüngere andine Faltung eine Neuorientierung erfahren haben. Die Vorkordillere ist das zweite tektonische Element der Anden.

### 3. Die andine Faltung.

Während der Trias beginnt die Einebnung des paläozoischen Gebirges. Im Westen des brasilianischen Kontinents bildet sich eine schmale, meridionale, mesozoische Geosynklinale, sie bleibt mit dem offenen Ozean in Verbindung. Die alte Küstenkordillere ist bereits ihr gegenüberliegender westlicher Ufer-saum und nach Ansicht mancher Autoren ein Stück eines mesozoischen, pazifischen Kontinents, der heute bis auf letzte Reste, wie die Galápagosinseln und Juan-Fernandez-Inseln, versunken ist.

Bei Huasco in Chile erscheinen marine Sedimente in der oberen Trias. Lias, Dogger, Malm in mariner europäischer Fazies reichen von Chile bis Peru. In Ecuador und Columbien kennt man sie nicht mehr. Wenn Burckhardt in den chilenischen Hochkordilleren zwischen 35 und 40° S. Br. oberen Malm diskordant auf stärker gefaltetem Dogger beobachten konnte, so sind diese jurassischen präandinen Bewegungen lediglich auf diesen Geosynklijalraum beschränkt geblieben. Die Faltungen erfolgten Anfang Malm und schufen stellenweise festes Land. In der Zeit vom Lias bis Neokom ereigneten sich gewaltige submarine und subärische Porphyrit-eruptionen, die mächtige Porphyritkonglomerate am Rande der Malmkordillere ablagerten.



In der Geosynklinale geht nach der zeitweiligen Unterbrechung im unteren Malm die marine Sedimentation in der unteren Kreide weiter. Nach Norden gewinnt das untere Kreidemeer an Ausdehnung. In Ecuador und Columbien beginnt die Transgression mit der Hauterivienstufe, in Bolivien und Peru erst mit der Barrêmienstufe. Auf dem Lande wurden die fossilarmen roten Pucasandsteine abgesetzt, die z. T. der „Formacion petrolifera“ Brakebuschs gleich zu setzen sind, denn in marinen Einlagerungen konnte Fritzsche eine Barrêmefauna nachweisen.

In Columbien entsprechen die Jironschichten dem Hauterivien, die Villetaschichten dem Barrêmien bis Albien, die Guadeloupe- und Guaduaschichten dem Gault bis obere Kreide. Während des ganzen Mesozoikums ist der Geosynkinalraum der Schauplatz intensiver vulkanischer Tätigkeit gewesen. Ausgedehnte submarine Decken, Lagergänge und Gänge, Tuff- und Tuffiteinlagerungen verdrängen in steigendem Maße die normalen Sedimente, so daß man stellenweise gradezu von einer eruptiven Fazies sprechen kann. Im wesentlichen sind intermediäre und basische Magmen, Labradorporphyrite, Augitporphyrite und Melaphyre, aber auch Quarzporphyre zum Erguß gekommen, im Prinzip die gleichen andesitischen Magmen, die später im Tertiär zu erstaunlicher Entwicklung gelangten. In Columbien ist die unterste Kreide frei von Eruptivgesteinen; die Labradorporphyrite erscheinen innerhalb der Guadaschichten in mächtiger Entwicklung. Hier und in Ecuador erweisen sich Quarzporphyre etwas jünger als die Labradorporphyrite und bleiben auf die obersten Guaduahorizonte beschränkt. Noch in der oberen Kreide spielen Porphyriteruptionen in Peru eine große Rolle.

Den Wendepunkt in der geologischen Geschichte Südamerikas bildet die obere Kreide, mit ihr beginnt eigentlich die Geschichte der Anden. Die große brasilianisch-äthiopische Masse ist zerbrochen. In der Südhälfte des Kontinents kommen die Transgressionen von jetzt ab nicht mehr ausschließlich vom Westen, sondern aus dem neu entstandenen südatlantischen Ozean und aus dem Raume des antarktischen Weddelmeeres. Im Westen verlandet die mesozoische Geosynklinale, die Anden beginnen aufzusteigen, das Landgebiet gerät nach Windhausen unter aride oder semiaride klimatische Bedingungen und bedeckt sich mit mächtigen roten Sandsteinen, die dem devonischen Old Red oder unserem Buntsandstein petrographisch ähnlich sind. Die obere Kreide ist sowohl in mariner wie in terrestrischer Fazies entwickelt. Im südpatagonischen Senkungsraum hat Wilckens senone Kreide mit antarktischer Fauna als „Georgium“ ausgeschieden, sie führt als charakteristische Leitform Lahillia Luisa. Die ölführenden Schichten von Comodore Ridavia in Argentinien gehören diesen Horizonten an. Die gleichaltrigen terrestrischen Sandsteinformationen trennte Ameghino in Patagonien in die „Areniscas abigarradas“ und darüber in die „Formacion Guaranitica“; dieser ganze Komplex, der Schichten vom Barrêmien bis zur Roccastufe



(Danien = oberste Kreide) umspannt, wurde auch als „guaranitische Sandsteine“ oder als „Dinosaurierschichten“ zusammengefaßt. In der obersten Kreide dringt das Meer durch die Senkungsfelder des permischen Gebirges weiter vor, marine Einschaltungen stellen sich ein, so durch den San-Jorge-Golf die Ablagerungen der San-Jorge-Stufe = Danien oder bereits Paläogen nach Fritzsche. Auch die Kreide der Roccastufe (Danien) rückt von Osten vor. Eine Ausnahme macht nur die senone Kreide der Quirinaschichten in Chile, die noch der pazifischen Geosynklinale angehört und nach Westen über die Küstenkordillere transgrediert. Weiter im Norden im westlichen Argentinien, wo marine Zwischenlager fehlen, ist eine Abgrenzung der terrestrischen oberen Kreide nur morphologisch möglich. Die Ablagerung der oberen Kreide beginnt über der postrhätischen Abtragungsfläche, dem Präcalchaquirumpf der permischen Faltung, mit den „Estratos de los Llanos“, kalkigen, mergeligen Ablagerungen, darüber folgt ein Komplex, der zu unterst aus roten und bunten Sandsteinen, zu oberst aus einem Konglomerathorizont besteht, die „Calchaquiformation“. Ihr äquivalent sind die „Jujuischichten“ in Nordwestargentinien und die „Hondaschichten“ Columbiens.

Die Abgrenzung nach oben ist wieder durch eine Rumpffläche, „den Punarumpf“ bestimmt. Eine genauere Fixierung der zeitlichen oberen Grenze läßt sich nicht geben, jedenfalls reichen die Calchaquischichten bis in das untere Tertiär hinein, vielleicht bis an das mittlere Tertiär heran. Das Relief des Punarumpfs bezeichnet Penck als Relief 1.

Ältere Tertiärschichten sind in Patagonien in terrestrischer Fazies als „Deseadoformation oder Pyrotherionschichten“ entwickelt und zeitlich dem Eozän und Oligozän gleichzustellen. In mariner Fazies entsprechen ihnen die „Magellan beds“. Darüber folgt die „Patagonische Molasse“, marine Sandsteine und Tone, spätoligozänen bis altmiozänen Alters. Etwa gleichaltrig sind die kohleführenden Sandsteine der „Navidadgruppe“ im chilenischen Längstal, welche diskordant über den senonen Quirinaschichten liegen.

Über der patagonischen Molasse liegen die terrestrischen „Santa-Cruz-Schichten“, Mittel- bis Obermiozän. Es folgen die pliozänen „araukanischen Sandsteine“, die marinen Äquivalente sind als „Fairweatherschichten“ entwickelt. Die Schichtenfolge endet mit der quartären patagonischen Geröllformation, der im Hochgebirge gewisse Terrassenschotter entsprechen. Das Hochgebirge war während der Tertiärzeit ein Gebiet der Hebung und starken Abtragung. Auf der Einebnungsfläche der Puna gelangten nach Penck im mittleren Tertiär die Punasandsteine mit Pityoxylon, darüber Punaschotter zur Ablagerung.

Die Abgrenzung der kontinentalen Punaserie nach oben ist wiederum nur morphologisch möglich. Eine dritte Rumpffläche, der obere Punarumpf oder die Hochterrasse kappt die tertiären Gipfel. Ihre Ausbildung gelangt mit der Pliozänzeit zum Abschluß, sie ist Pencks Relief 2.



Alle jüngeren Gebilde vulkanischer Entstehung erheben sich über dem Relief 2; das in der Folgezeit entstehende Relief 3 ist durch eine Tiefenerosion mit schroffen Reliefformen besonders gekennzeichnet.

Die Punazeit, Mittel- bis Obertertiär, umspannt, wie im folgenden gezeigt wird, die Zeit zwischen der 1. und 2. Bewegung der andinen Gebirgsbildung. In diese Zeit fallen die andesitischen Eruptionen. Beide Rumpfflächen lassen daher die Eruptivgesteine stratigraphisch eingliedern. Besonders die Hochterrasse trennt die tertiären Laven von den quartären und jüngeren.

Nach dieser stratigraphischen Einleitung seien die orogenetischen Vorgänge besprochen. Die junge andine Faltung macht sich zuerst in den „Estratos de los Llanos“ bemerkbar. Hier beginnt die Orogenese durch eine merkliche Hebung. In den Sandsteinen der Calchaquischichten erscheinen die ersten andesitischen Tuffe, in den Konglomeraten Andesitgerölle. Die ältesten Andesite sind Hornblendeandesite, sie durchbrechen gangförmig die liegenden Paganzoschichten. Die andine Faltung ist von West gegen Ost, also von der pazifischen Seite gegen den Kontinent gerichtet, in demselben Richtungssinn, wie die Laramieorogenese der Rocky Mts. in Nordamerika. Die Gebirgsbildung vollzieht sich in zwei Bewegungsperioden, welche die Faltung immer weiter nach Osten tragen. Das Ergebnis der 1. Bewegungsperiode sind meridional streichende Antiklinalen und Synklinalen von großer Amplitude. Diese andine Großfaltungsphase findet ihren Abschluß im mittleren Tertiär vor Beginn der Punaablagerungen.

Auch stratigraphisch läßt sich der Zeitpunkt festlegen. Nach Möricke und Steinmann tragen die Navidadschichten, älteres Miozän oder Oligozän, in ihren Faunen atlantischen, europäischen Charakter, die verwandtschaftlichen Beziehungen weisen nach den Antillen. Darüber liegt die jüngere „Coquimbostufe“, oberes Miozän und Pliozän, mit pazifischer Fauna. Zwischen beide Perioden, also etwa im mittleren Miozän, muß die Andenfaltung fallen, die durch Abschneiden der Meeresverbindung den Faunenwechsel bewirkt hat. Dieses Argument ist allerdings nur in Verbindung mit anderen Tatsachen beweisend, denn es besagt eigentlich nur, daß die Verbindung der beiden Weltmeere in Zentralamerika durch eine mittelmiozäne Faltung aufgehoben wurde, daß dies die Andenfaltung war, ist damit noch nicht erwiesen.

Brüche und Überschiebungen statt der Falten stellen sich ein, sobald das Verhältnis zwischen Bewegungsausmaß und Elastizität der bewegten Scholle einen bestimmten Grenzwert erreicht hat oder dort, wo Gesteine verschiedener Widerstandsfähigkeit und Faltbarkeit aneinander grenzen.

Die 2. Bewegungsphase oder Überschiebungsphase war im Prinzip von gleicher Art, nur legte sie Falten engerer Schwingungsweite an, schweißte



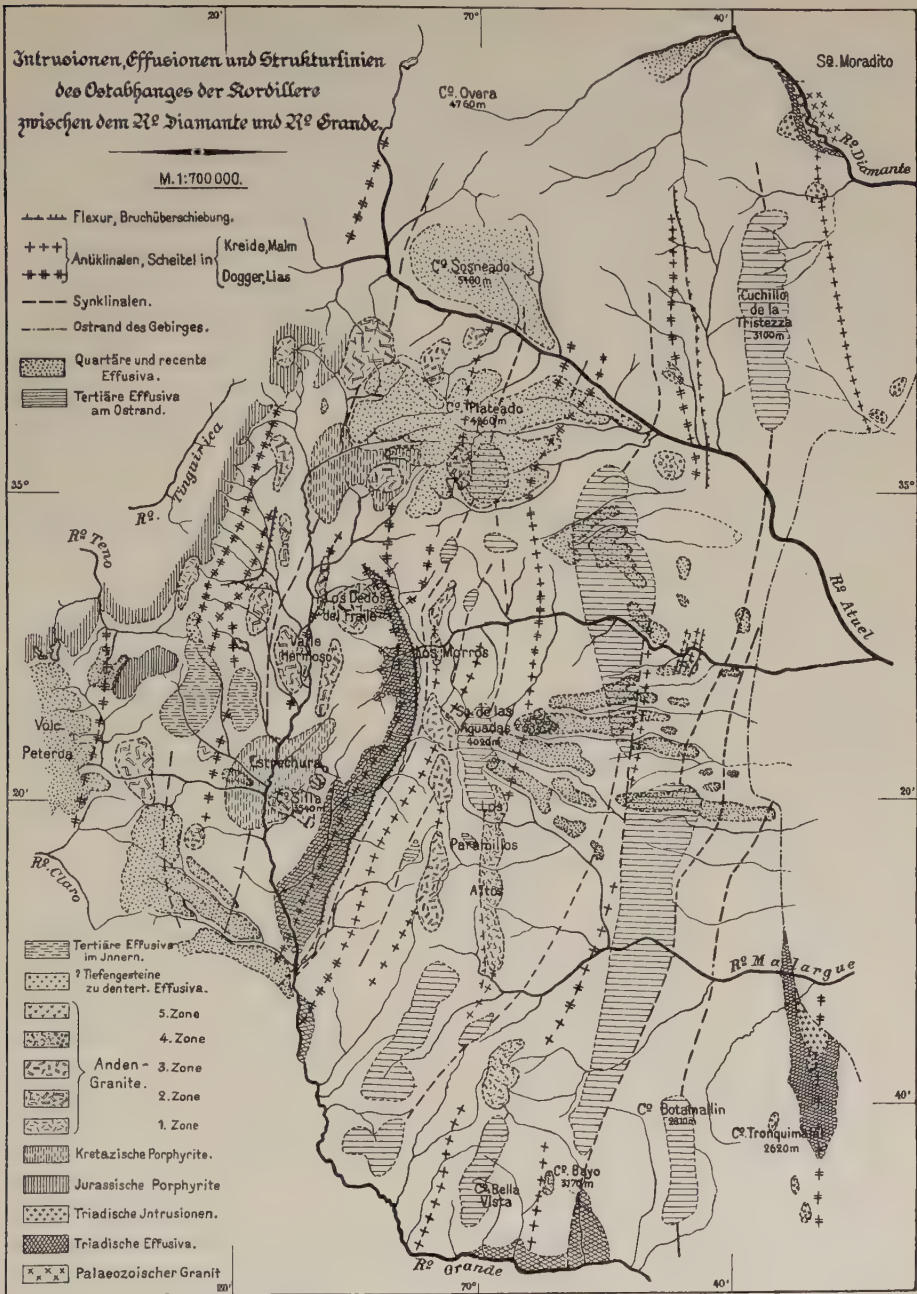


Abb. 19. Der Ostabschnitt der argentinischen Kordillere zwischen 36° und 35° S. Br.  
nach der Karte von H. Gerth.  
(Aus Steinmann, Festschrift. Geol. Rundschau 17a, 1926.)



die andine Kordillere mit der älteren Vorkordillere zusammen und orientierte deren Faltenwurf neu. Die Wiederholung der Faltung der durch frühere Faltung versteiften Rindenstücke mußte nunmehr zum Bruch führen. Dislokationen treten ein, Schuppen bewegen sich von Westen gegen Osten übereinander. Überschiebungsbeispiele lassen sich aus vielen Gegenden anführen. Besonders berühmt ist das Cuevasprofil südlich vom Acongagua. Oberer Jura und untere Kreide liegen hier diskordant über dem gefalteten Paläozoikum der Vorkordillere, in 3000 m Meereshöhe breitet sich über dem gestörten Mesozoikum eine Rumpffläche aus mit mächtigen, groben, fluviatilen Aufschüttungen (äquivalent der Punaserie). Auf dieses fast noch horizontal liegende Schichtenpaket sind nach Keidel von Westen her oberer Jura und untere Kreide herübergeschoben worden. Man erkennt hier deutlich die beiden Bewegungsphasen, erst Faltung, dann nach einer Periode der Abtragung Überschiebung. Ein anderes Beispiel beschreibt Penck vom Rande des Beckens von Tinogasta am Fuß des Calchaquigebirges, wo die Calchaquiserie über Punaschotter geschoben ist. Er folgert zugleich aus diesen Lagerungsverhältnissen das pliozäne Alter der Überschiebung.

Aber auch der verschieden struierte Untergrund reagierte verschieden auf die jüngere Faltung. Die starren pampinen Sierren zerbrachen, die andine Faltung schuf ein oder mehrere gleichsinnig geneigte, langgestreckte, schuppenförmige Schollen, die an transversalen WNW streichenden Dislokationen abbrechen. Die Anpassung der alten Struktur an die andine erfolgt durch meridionale und transversale Brüche, die nicht selten von Hornblendandesiteruptionen begleitet werden. In dieser Region stellen sich die interandinen Becken und Hochebenen ein.

Die Andenfaltung hat also zwei verschiedene tektonische Elemente von verschiedenem Alter zu einer neuen Einheit zusammengeschweißt, die uns heute als Kettengebirge mit meridionalen Gebirgszügen entgegentreten, Bezeichnungen, wie Küstenkordillere, West- und Ostkordillere, Zentralkordillere oder Hauptkordillere usw. sind im Gebrauch. Die Begriffe wechseln in den verschiedenen Ländern und decken sich nicht immer bei verschiedenen Autoren. Auf genetischer Grundlage gelangt man aber leicht zu einer klaren Zweiteilung. Zur Westkordillere sind alle Züge zurechnen, welche aus gefalteten mesozoischen Schichten bestehen, die durch mesozoische Porphyrite z. T. ersetzt sein können. Die Westkordillere ist, von gewissen Unterbrechungen abgesehen, mit jungen Vulkanen gekrönt, tertiäre, andesitische Eruptivgesteine, Andengesteinsintrusionen beteiligen sich hervorragend an ihrem Aufbau. Die Ostkordillere umfaßt dagegen alle die Ketten, die einen alten paläozoischen Kern besitzen, also die überwältigten Randteile der paläozoischen Vorkordilleren. Auch sie können Vulkane tragen, tertiäre Andesiteffusionen und Anden-



intrusionen nehmen am Aufbau gleichfalls teil, mesozoische Formationen sind mitgefaltet oder überschoben.

Da wo die andine Faltung die Vorkordillere nicht mehr senkrecht zu ihrem Streichen trifft wie in Columbien, wo sich das Einschwenken in die karaibische Streichrichtung vollzieht, kommt es zum Bruch. Die erfolgreichen Forschungen Stilles in Columbien zeigten, daß die interandine Senke des Rio Magdalena ein Grabenbruch ist mit staffelförmig absinkenden Bruchrändern. Im Süden schließt sich der Bruch; er gab die Veranlassung zur Teilung der ecuatorianischen Ostkordillere in die columbische Zentral- und Ostkordillere. Im Biegungsknie liegt das kesselförmige Bruchfeld des Maracaibosees. Auf ähnliche Weise mögen die interandinen Senken zwischen West- und Ostkordillere zustande gekommen sein, wie das Tal des Rio Cauca und vielleicht auch die interandinen Becken von Riobamba und Cuenca in Ecuador. Somit ergibt sich folgendes Bild der Zusammenhänge der verschiedenen Gebirgszüge des Nordens. Die Anden zersplittern an ihrem nördlichen Ende. Die columbische Zentralkordillere setzt sich in die Sierra Nevada de Santa Marta fort, endet im Meer oder läuft in die Halbinsel Goajira aus und weiter über die der Küste von Venezuela vorgelagerten Inseln Aoruba, Curaçao bis Orchilla. Ein Ast der columbischen Ostkordillere ist die junge Sierra de Perija, die im Westen das Maracaibobruhfeld umsäumt. Ein anderer Zweig verläuft über die Cordillere de Merida weiter entlang der venezuelanischen Küste, den Maracaibokessel im Osten einrahmend. Die Grabenbrüche des Golf von Cumana und Paria begleiten den Nordrand. Hier liegt die bekannte seismische Zone von Caracas. Diese und die Erdbebenregionen von Bogota und Cucuta innerhalb der columbischen Ostkordillere legen Zeugnis ab, daß hier die Bewegung auch in der Gegenwart noch nicht zur Ruhe gekommen ist, wie überhaupt die vertikalen Bewegungen der Anden auch in der Jetztzeit noch nicht ihren Abschluß gefunden haben.

Vertikalverschiebungen gewaltigen Ausmaßes kommen nun zu den tangentialen Bewegungen hinzu. Sie sind es in erster Linie, die auf das heutige Relief, weit mehr als die Faltung, Einfluß gewinnen, indem sie die Erosion richtunggebend beeinflussen. Am Cerro Potosi und bei Corocoro in Peru fand man in 4000 m Meereshöhe eine fossile, wohl altmiozäne Flora mit allen Merkmalen eines warmen Klimas, sie kann unmöglich in einer solchen Meereshöhe gewachsen sein. Man kann die Hebung auf mindestens 1000—2000 m ansetzen. Der angebliche Fund pliozäner Meerestiere in diesen Höhen hat sich allerdings als Irrtum erwiesen. In den Küstenterrassen bei Mollendo liegt die Oberkante des Pliozäns nach Bowman heute in + 460 m, während auf einer Terrasse von 245 m noch fossilführende Tone anstehen.

In der Gegend von Copiapó in Chile steigt die alte Küstenkordillere auf, die auflagernden mesozoischen Schichtenglieder werden dadurch schräg



gestellt. Die Hebungen sind ungleichmäßig und nicht stetig. Schollenteile bleiben zurück, andere werden stärker gehoben. Dadurch kommt eine tektonische Quergliederung zustande. Die Scharte von Tarica in Nordperu mag als Beispiel gelten. In zwei parallelen Zügen, Kordillere Negra und die hohe Kordillere Blanca, erreicht die Westkordillere die Scharte. Nördlich von ihr tritt nach Sievers eine auffallende Verminderung der Höhe und Verflachung des Gebirges ein, die Zweiteilung geht verloren.

Hebungen beleben die Erosion. Abtragungen der Erhebungen auf der einen Seite und Auffüllung der Senken mit Schutt lassen Fastebenen oder Rumpfflächen entstehen. Auch sie können wertvolle morphologische Anhaltspunkte zur Altersbestimmung vulkanischer Gebilde liefern.

Diesen Hebungen lassen sich starke Versenkungen gegenüberstellen. Im Westen der mesozoischen Geosynklinalen, wo die Anzeichen eines pazifischen, mesozoischen Kontinents vermutet wurden, bildet sich ein neuer Synklinalraum, in dem der Ozeanboden zu großen Tiefen absinkt. Postpliozän ist der Atakamagraben mit 7636 m, jugendlich der Perugraben mit 6867 m Tiefe. Auf den Zusammenhang dieser Depressionen mit dem chilenischen Längstal und seiner südlichen Fortsetzung wurde bereits oben hingewiesen. Die vertikalen Bewegungen sind z. T. sehr jugendlichen Datums und auch heute noch nicht abgeschlossen. Wie Sieberg zeigte, ist diese Zone die seismisch regsamste der ganzen Erde mit durchschnittlich 1000 Erdbeben im Jahre.

Mit der andinen Faltung sind Erscheinungen des Tiefen- und Oberflächenvulkanismus auf das engste verknüpft. Granitodioritische Magmen sind gradezu eine typische Begleiterscheinung der Andenfaltung und verleihen ihr ein charakteristisches Gepräge. Tiefengesteine, Lakkolithe und alle Arten von Intrusivkörper kamen innerhalb der gefalteten Gebiete zur Erstarrung und bevorzugten vor allem die Antiklinalräume. Sie haben auf weite Strecken die Sedimente fast völlig verdrängt. Ursprünglich wurde der Begriff „Andengesteine“ von Stelzner für die im Zusammenhang mit der Andenfaltung aufgedrungenen Granite aufgestellt. Es zeigte sich sehr bald, daß nicht saure Granite, sondern mehr intermediäre Tiefengesteine der herrschende Typus sind, wie Diorite und basischere Spaltungsprodukte. Sie besitzen eine eigene saure und basische Ganggefolgschaft. Kleinere Intrusivkörper sind außerdem z. T. porphyrisch entwickelt. Der Unterschied besteht nicht allein in einer größeren oder geringeren Tiefe des Intrusionsniveaus, sondern lediglich in der schnelleren Abkühlung. Ich dehnte den Begriff Andengesteine auf alle Intrusivgesteine gleicher geologischer Position aus. Die Andengesteine umfassen somit alle Granite, Diorite und übrigen Spaltungsprodukte, samt ihrer Ganggefolgschaft, sowie alle porphyrischen Injektionsmassen, wie Quarzporphyre, Felsite, Granitporphyre, Diorit-



porphyrite usw., die im Zusammenhang mit der Andenfaltung zur Intrusion, aber nicht zur Effusion gelangten. Das Alter ihrer Ortsstellung ist der Zeitraum, in dem sich die andine Faltung abgespielt hat, also obere Kreide bis Pliozän. Die Hauptmasse der Andengesteine ist jedoch innerhalb der 1. Bewegungsphase injiziert worden.

Neben diesen Andengesteinsintrusionen kamen während der ganzen Zeit andesitische Magmen zur Effusion. Petrographisch sind diese Ergußgesteine als Dazite, Glimmer- und Hornblendeandesite und vor allem als Augitandesite zu bezeichnen, die in ihren basischen Endgliedern den andesitischen Basalten sich nähern. Auch Liparite sind darunter zu finden. Das Maximum ihrer Entwicklung fällt in die spätere Punazeit Obermiozän bis Pliozän, also nach Abschluß der ersten Faltungsphase und als ihre Folge. Für die Puna de Atakama stellte P e n c k folgende Sukzession fest. Die herrschenden Andesite der Calchaquizeit sind Hornblendeandesite gewesen. Die Punaablagerungen beginnen mit älteren Daziten und ihren Tuffen, eine schneeweiße Dazittuffbank bildet das Liegende. Während der Punazeit gelangen die älteren Nevadoandesite zum Ausbruch. Durch die zweite Bewegungsphase wird auch die vulkanische Tätigkeit neu belebt. Jüngere Basalte, Andesite, Dazite und Liparite kommen zur Förderung, ihre Eruptionsperiode dauert bis über das Quartär hinaus. Irgendwelche Verlegung des Magmaherdes ist im Lauf der Zeit nicht erkennbar, es äußert sich der jungtertiäre Vulkanismus nur auf einer verschmälerten Zone des alttertiären Intrusionsstreifens. Die diluvialen und rezenten Vulkane zeigen eine weitere Einengung, indem sie sich in der Hauptsache auf den westlichen Hauptkamm beschränken. Die Vulkane sind überhaupt an die antiklinalen Kulminationslinien gebunden, also an Zonen besonders starker Druckentlastung, die, wie P e n c k hervorhebt, einmal in Bewegung gesetzt, auch später für Vulkane disponiert bleiben. Ferner können noch Quersättel Vulkane tragen. Die vertieften Synklinalen mit ihrer Kompression dagegen versperrten dem Magmaaustritt den Weg.

Der Andengesteinsherd und der andesitische Herd entstammt ein und demselben Primärherd. Da aber die einzelnen Vulkane voneinander durchaus unabhängig in ihrer Betätigung sind und auch verschieden geartete Laven zu gleicher Zeit fördern, muß man ihnen eigene, abgegrenzte, erschöpfliche, sekundäre Herde zuschreiben, die sich aus dem Primärherd abgezweigt haben und ihrem Volumen entsprechend länger oder kürzer tätig blieben. Diese Sekundärherde liegen in derselben Weise wie die übrigen Intrusivmassen tektonisch orientiert im Untergrund, insofern haben auch ihre Ventile nach außen, die Vulkane, eine rohe tektonische Orientierung. Die Bahnen, die das Magma beim Aufdringen nach außen einschlägt, sind die Richtungen des kleinsten Widerstands, so kommt es, daß zuweilen die strenge gesetzmäßige Orientierung der Vulkanlagen verloren gehen kann.



In den außerandinen Gebieten Patagoniens spielen Basaltdecken des arktischen Typus eine große Rolle. Lineareruptionen haben hier ausgedehnte Lavafelder geschaffen. Sie stehen in keinem Abhängigkeitsverhältnis zur Andenfaltung und gehören auch einer ganz anderen Magmaprovinz an. Basaltisches Material erscheint zuerst in den Santa-Cruz-Schichten (Mittel- bis Obermiozän), die patagonische Geröllformation liegt gewöhnlich über den Basaltdecken. Die Basalteffusionen sind also zwischen Miozän und Quartär erfolgt.

Vereinzelte dauerten die Basaltergüsse bis in das Quartär hinein. Man hat Lavaströme auch über der patagonischen Geröllformation beobachtet, Hatcher berichtet von Strömen, die über Talabhänge geflossen sind und auf Flußgeröllen nur wenige Fuß über dem heutigen Wasserspiegel ruhen. Quartär ist das Vulkangebiet von Los Frailes und am Rio del Oro im Feuerland. Rezenten vulkanischen Spuren fehlen dagegen.

Im subandinen Gebiet erscheinen in der östlichen Grenzregion der andesitischen Provinz essexitische Magmen. In Lakkolithen und Stöcken der patagonischen Ostkordillere beschrieb Quenseñ atlantische Gesteine, Nordmarkite, Ägirinaugitsyenite, Monzonite und Essexite, auch dieser Sippe angehörige Ergußgesteine wie Comendite, Trachydolerite. Phonolithtuffe wies Burckhardt auf dem Lajaplateau 38° S. Br. nach.

Weiter nördlich aus dem subandinen Gebiet Argentinien sind durch Tannhäuser atlantische Nephelinbasalte, aus der Provinz Cordoba, Tucuman und Salta, ferner tephritische Gesteine in der Provinz Salta bekannt geworden. In der Inambariregion am Ostabhang der Ostkordillere Mittelperus fand Douglas im Durchbruchtal des Rio San Gaban ein ausgedehntes Massiv von Eläolithsyenitporphyr intrusiv in stark metamorphen Schiefern. Endlich hat im Grabengebiet des Rio Magdalena Lehmann Monzonite und latitische Ergußgesteine beschrieben, die mit dem Andengestein in gleicher geologischer Stellung erscheinen. Wenn diese subandinen Regionen erst besser erforscht sein werden, wird sich wahrscheinlich die Zahl atlantischer Gesteinsvorkommen noch mehrern.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

Die südamerikanischen Kordilleren bestehen aus drei verschiedenartigen Elementen, den präkambrischen pampinen Sierren, den jungpaläozoischen Vorkordilleren und den tertiären Anden. Die letzte andine Faltung spielte sich in zwei Bewegungen ab. Sie vereinigte die älteren Elemente zu einer neuen Einheit, den Anden, einem gewaltigen Hochgebirge auf der Westseite des südamerikanischen Kontinents.

Granodioritische und andesitische Intrusionen und Effusionen begleiten die tektonischen Vorgänge in ungewöhnlichem Maße, sie verleihen dadurch der andinen Faltung ihre Eigenart.



Die jungpaläozoische Faltung weist Zusammenhänge mit dem Kapgebirge in Südafrika auf.

Ein Vergleich der tektonischen Bewegungen auf der Südhemisphäre auf beiden Seiten des pazifischen Ozeans um die Wende Kreide-Tertiär lehrt folgendes: Im Nordhebridnbogen (S. 259) ist die Überschiebung gegen den australischen Kontinent gerichtet, ihr Alter postuntermiozän, das diskordant darüberliegende Obermiozän ist gleichfalls gestört, also auch hier zwei Bewegungen. Auf Neukaledonien (S. 259) ist die Faltung und Überschiebung ebenso gegen den australischen Kontinent gerichtet, die Faltung ist post-eozän. Auf Neuseeland (S. 260) ist die Faltung auch gegen den Kontinent gerichtet, ihr Alter bestimmt sich auf der Grenze zwischen Maitai und Oamaruformation, also noch vor Abschluß der Kreideformation. Die Überschiebungen sind jünger und haben noch die Oamaruformation betroffen. Auch hier wieder zwei Bewegungen verschiedenen Alters. Die australischen und südamerikanischen Randfaltungen sind also gegen die Kontinente gerichtet und nahezu gleichaltrig, erstere vielleicht etwas früher beginnend.

### Andenfaltung und Vulkanismus.

Die innige Verknüpfung zwischen Faltung und Vulkanismus in den Anden zeigt, daß hier vielleicht kausale Zusammenhänge bestehen, die Licht auf bestimmte orogenetische Vorgänge und ihre Ursachen werfen können. Walter Penck hat in einer inhaltreichen Abhandlung, „Der Südrand der Puna von Atakama“, dieses Problem zu lösen versucht. Er erblickt die tangentielle Kraftquelle der Andenfaltung in einem abyssischen Magmaübertritt aus der pazifischen Region in die andine. Der Atakama- und Perugraben sind solche sinkenden Räume des pazifischen Ozeans. Sinkende Räume ziehen wohl feste Stoffe auf sich und werden zu Sedimentationsräumen, doch kann die Sedimentbelastung nicht Ursache der abwärts gerichteten Bewegung sein, sie ist nur ihre Folge. Ganz allgemein ist ein Volumenverlust für die Senkung, ein Volumengewinn für die Hebung und Aufwölbung verantwortlich zu machen. Senkung und Hebung in benachbarten Streifen bringen daher eine Massenverschiebung zum Ausdruck. Das andesitische Magma soll in diesem Falle der Störer des isostatischen Gleichgewichts sein. Mit dem Vordringen des Magmas nach Osten steigt gleichzeitig die andine Scholle auf; damit mußte die Bahn des Magmas als Resultante beider Bewegungen schräg nach aufwärts gegen den Kontinent gerichtet sein. Der Andesitherd machte sich unter der Puna von Atakama zuerst in der oberen Kreide durch sichtbare Produkte bemerkbar, der Beginn seiner Bildung ist schon früher anzusetzen. Es ist sicher kein Zufall, daß der Bereich seiner vulkanischen Äußerungen sich mit den Grenzen der Puna scharf deckt, und zwar auf große Entfernungen; besitzt doch die Punascholle an



ihrem Südrand eine Breite von 250 km und erstreckt sich nach Norden weit bis nach Peru hinein. Der Andesitherd ist allochthon in bezug auf die ihn beherbergende Scholle und ergreift Besitz von heterogenen Teilen derselben, nämlich vom kristallinen Grundgebirge und der mesozoischen Geosynklinale.

Mechanisch ist der Vorgang der Ortsstellung eines Magmaherdes von solchen Dimensionen am leichtesten durch ein Abscheren eines peripherischen Krustenteiles von seiner Unterlage zu begreifen, es liegt nahe, den Abscherungsort in die spannungslose Niveauläche zwischen Tensions- und Kompressionsschale zu verlegen.

Als Smoluchowski die stabilen Faltenbilder einer homogenen elastischen Platte, welche auf einer Flüssigkeit schwimmt, ableitete, fand er, daß die Faltung von der Größe des Drucks und der Faltbarkeit der Platte abhängt, die Schwingungsweite der Falten aber eine Funktion der Plattendicke ist. Die Schwingungsweite der andinen Falten ist bekannt und beträgt 12—18 km, im Mittel 15 km; setzt man den Elastizitätsmodul für Gneis = 4,5, die Dichte 2,6, so berechnet sich die Mächtigkeit des gefalteten Krustenteils zu 12—13 km, was der Größenordnung nach ganz gut mit der Mächtigkeit der Kompressionsschale übereinstimmt (vgl. Bd. I, S. 19). Ob aber die Voraussetzungen zutreffen, von denen derartige theoretische Berechnungen ausgehen, ist eine andere Frage.

Verfolgen wir nun die andine Gebirgsbildung vom Standpunkt der Penckschen Theorie der Großfaltenbildung durch Magmabewegung, so lassen sich vier Stadien ausscheiden, die aber ihrem Wesen nach nur verschiedene aufeinander folgende Reaktionen der Kruste auf die kontinuierlich in demselben Sinn vor sich gehende Magmabewegung unter ihr sind.

1. Stadium. Es besteht in einer Dehnung und Zerrung der Kruste, sie erzeugt im Punabereich eine flache Aufwölbung, zeitlich reicht es bis Ende Kreide.

2. Stadium. Calchaquizeit, Untertertiär. Die ersten Großfalten entstehen. Die Dehnungsfähigkeit der Kompressionsschale erreicht sehr schnell eine Grenze. Dann tritt Zerreißen oder eine Disposition dazu ein und löst damit Sekundärintrusionen aus, die die Risse erfüllen und die Spannung wieder kompensieren; jede Intrusion wird zum Ort einer Aufwölbung. Die Scholle gewinnt an Volumen.

3. Stadium. Ende Cachalquizeit, Untertertiär. Die Grenze Schale-Magma ist wellig; das in bestimmter Richtung sich bewegende Magma richtet die Faltenwürfe, das elastische Verhalten der beiden Medien bestimmt Amplitude und Periode der Falten. Auch die Sekundärintrusionen werden gerichtet. Jede Intrusion versteift die Scholle immer mehr und erschwert ihre Faltbarkeit. Dieses richtende Stadium wurde oben als erste Bewegung der andinen Faltung bezeichnet.



4. Stadium, bis Ende Punazeit, Pliozän. Die fortdauernden Sekundärintrusionen vergrößern den Raumüberschuß, überschreitet er das Ausmaß, das zum Überspannen des Herdes notwendig war, so beginnt die Kruste sich selbständig zusammenzuschieben. Großfalten höherer Ordnung bilden sich. Jetzt schaffen nicht mehr Sekundärintrusionen Falten, sondern umgekehrt löst die Faltung Intrusionen aus. Der Vulkanismus ist passiv geworden.

Da die Intrusionen der Scholle ständig Volumenzuwachs bringen, so muß sich die so vergrößerte Scholle dem gegebenen Raum anpassen und reagiert mit Falten, soweit sie faltbar ist, mit Bruch und Überschiebung, wo diese Grenze überschritten wird. Der Raumzuwachs ist aber zweidimensional, so kommt zu den meridionalen Antiklinalen noch eine Quersattelung hinzu. Würde man bei einem gewöhnlichen durch tangentialen Zusammenschub entstandenen Faltensystem die Falten ausglätten, so erhält man den Urzustand, in diesem Falle aber ein nach zwei Richtungen um den Intrusionsbetrag vergrößertes Rindenstück. In diesem verschiedenen Verhalten kommt der Gegensatz beider Gebirgstypen am schärfsten zum Ausdruck.

Das vierte Stadium entspricht der zweiten Bewegung der andinen Faltung.

Die Magmaschicht wird gegen den Rand des Herdes dünner, damit nehmen die Großfalten an Zahl ab, die Gebirge werden niedriger, die Faltung bleibt in einem früheren Entwicklungsstadium stehen. Mit zunehmender Entfernung vom Zentralherd wird auch die Injektion geringer und erreicht später ihren Injektionsort. Sie macht nicht Halt vor Gebieten, wie die pampinen Sierren, die bereits stark gefaltet waren. Dieser Faltungstypus nimmt eine Mittelstellung zwischen den echten Faltegebirgen, entstanden durch tangentialen Zusammenschub und den starren, unfaltbaren Massiven vom Charakter der Zentralmassive ein.

### Andesite und Andengesteine.

Es war in den vorangegangenen Zeilen nur von einem Andesitherd die Rede gewesen, neben ihm macht sich nach Penck noch ein zweiter granitodioritischer Andengesteinsherd bemerkbar, der sich dem Andesitherd gegenüber scheinbar selbständig verhält und sich von ihm durch den Mechanismus seiner Tätigkeit unterscheidet. Die Felsite der Famatinakette rechnet Penck zu den Andengesteinen, die sich durch ihren extrem sauren Charakter erheblich von der Zusammensetzung der Andesite und intermediären Granodioriten entfernen. Unter der Hochkordillere Chiles, Argentinien, Boliviens und Perus sind die Gegensätze weniger groß. Trotzdem kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die granitodioritischen Tiefengesteine und Intrusionen und die effusiven Andesite, Dazite, Liparite und Basalte dem gleichen Primärherd entstammen, der hier kurz als Andesitherd bezeichnet



wurde. In einer über 1000 km langen, schmalen Zone erfolgten chemisch nahezu gleiche Intrusionen und Effusionen nebeneinander und gleichzeitig. Daß hier zwei getrennte Herde bestanden haben sollen, von denen der eine sich nur intrusiv, der andere nur effusiv betätigt hat, erscheint nicht gut denkbar. Die beiden Gesteinsreihen stellen vielmehr die intrusive und effusive Fazies eines gleichen Primärherdes dar. Der normale Verlauf der Kristallisationsdifferentiation mit fallender Temperatur ist in einem intermediären Andesit folgender: Durch Absinken der spezifisch schwereren dunklen Mineralkomponenten, wie Hornblende, Augit und besonders Olivin werden die Differentiationsprodukte leukokrater und saurer und gleichzeitig leichter. Es entwickelt sich die Reihe Liparit, Quarzandesit ← Andesit ← Basalt. Kommt es in einem relativ tiefen Temperaturgebiet zur Biotitbildung — das hängt nur von den Temperaturdruckbedingungen und dem Mitreagieren flüchtiger Phasen ab — und sinkt der schwere Biotit ebenfalls ab, so wird die Kalikomponente herausgespalten und statt des Liparits stellen sich dazitische Endglieder ein. Die leichten sauren Spaltprodukte werden in erster Linie abgepreßt und sammeln sich an den Rändern des Herdes. Sie steigen zuerst in die Antiklinalräume.

Penck gibt seinem granitisch-felsitischen Herd der Famatinakette eine andere Deutung, er betrachtet ihn als einen vom Primärherd abgezweigten Sekundärherd, der sich in der Folgezeit selbständig verhielt und seinen sauren Charakter durch Assimilation saurer Krustenteile erworben hat. Gegen eine soweit gehende Assimilation lassen sich erhebliche Bedenken geltend machen. Bei dem Felsit und dem Granit der Famatinakette handelt es sich um recht ausgedehnte Intrusionen, das Einschmelzungsvermögen eines Magmas in höheren Niveaus pflegt im allgemeinen nur eng begrenzt zu sein. Das Assimilationsprodukt ist eine Mischung, aus der so weitverbreitete Gesteine, die saurer als die einzelnen Mischungsglieder sind, selbst durch spätere Differentiation nicht entstehen können.

Vom Famatinagranit läßt sich, wie Gerth in einer kritischen Besprechung hervorhebt, nur mit Sicherheit feststellen, daß er die Paganzoserie durchbrochen hat. Der Kontakt gegen die Calchaquischichten und Puna-schotter ist nicht eindeutig. So steht das jugendliche Alter der Granite und damit der Felsite nicht fest, und sie sind ebenso gut vielleicht schon im Anschluß an die jungpaläozoische Faltung eingedrungen.

Über die Penck'schen Gedankengänge läßt sich zusammenfassend sagen: Die Rolle, die das Magma bei der Gebirgsbildung gespielt hat, ist im Laufe der Zeiten recht verschieden bewertet worden. Es läßt sich nicht leugnen, daß in den Anden der Vulkanismus eine ungleich größere Rolle spielt als in anderen Gebirgen, aber war die Bewegung eines allochthonen Magmas die Ursache der Orogenese oder nur eine für die Anden typische Begleiterscheinung? Die Antwort geben die Anden selbst. Während des



Mesozoikums fanden in einem Geosynklinalraum Effusionen eines ausgedehnten andesitischen (porphyritischen) Magmas statt, das sich von dem tertiären kaum unterschied. Anhaltepunkte, daß auch dieses Magma allochthon von Westen gekommen sei, fehlen völlig; im Westen wurden ja Landmassen vermutet und keine sinkenden Räume! Auf die mesozoische Eruptionsperiode passen also die Penck'schen Vorstellungen schon nicht mehr. Die Malmfaltung trägt den gewöhnlichen Charakter und bleibt auf die Geosynklinale beschränkt. Betrachtet man die tertiäre Andenfaltung z. B. unter dem 35° S.Br., wo Burckhardt seine Profile gezogen hat, so sieht man einen einfachen Faltenwurf der Juraschichten ohne jegliche Komplikationen und ohne Zentralmassiv, wie im Schweizer Jura, mit dem gleichen Zusammenschub auf vier Fünftel. Nur kommen in der Kordillere Andendioritin intrusionen und Andesiteffusionen, die dort vollständig fehlen, hinzu. Die Penck'schen Vorstellungen stehen also auch hier nicht mit dem andinen Faltenbild im Einklang. In Ecuador ist es die hochdynamometamorphe Ostkordillere, die zahlreichere und aktivere vulkanische Zentren trägt als die Westkordillere, die bis auf den Pinchincha heute völlig erloschen ist, während nach Penck das Magma, je weiter es nach Osten vordringt, an vulkanischer Intensität verlieren und die Großfalten ausklingen sollten. Die Großfaltentheorie Penck's hat für den ganzen Andenbereich sicher keine Gültigkeit. Es bleiben Regionen wie der Punablock übrig. Die Puna ist eine eigenartige, abflußlose Hochebene, die als Ganzes gehoben ist und nur eine leichte meridionale und Quersattelung aufweist. Tektonisch ist die Puna ein starrer, schwer faltbarer Block. Es erscheint durchaus glaubhaft, daß die zahlreichen Intrusionen diesen Krustenteil soweit versteift haben, daß er sich nicht mehr falten ließ.

Für den Punablock mögen die Penck'schen Faltenbilder zutreffen. Eine eindeutige Entscheidung der Kernfrage aber, ob der Magmaübertritt die Ursache ist oder nur die Begleiterscheinung, läßt sich aber auch hier nicht gewinnen.

### Vulkanische und tektonische Zyklen.

1926 beschäftigte sich Helge Backlund im Andenraum zwischen 37° und 35° S.Br. wieder mit diesen Problemen. Auch er zweifelt nicht an einem kausalen Zusammenhang zwischen Vulkanismus und Gebirgsbildung in den Anden. Jede Orogenese wird von einer Folge von Intrusiv- und Effusivgesteinen begleitet. Ob dieselben nun abyssisch, z. B. als Granit, oder hypoabyssisch als Granitporphyr, oder endlich effusiv als Rhyolith zur Ortstellung gelangten, hängt von äußeren Umständen, thermodynamischen Bedingungen, ab. Diese Glieder des gleichen Magmas, die den gleichen tektonischen Ereignissen ihre Entstehung verdanken, werden als äquivalent bezeichnet. Äquivalente Gesteine unterscheiden sich nur wenig in



ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung. Die Entstehung eines Faltengebirges vollzieht sich etappenweise. Die einzelnen Phasen sind verschieden, wenn auch geringfügig. Mit jeder dieser Phasen ist ein Aufsteigen des Magmas verbunden. Die zeitlich aufeinanderfolgenden Magmen können stärker mineralogisch und chemisch voneinander abweichen. Solange sie derselben orogenetischen Phasengruppe angehören, werden sie als korrelat bezeichnet. Korrelate Gesteine bilden zusammen einen Stamm, sie leiten sich von einem gemeinsamen Ursprungsmagma ab. Das Feldspatverhältnis zeigt die Stammeszugehörigkeit am zuverlässigsten an, da es sich nur wenig ändert (Feldspatregel).

Die Spaltganggesteine, wie Aplite und Lamprophyre, werden als pathologische Typen aufgefaßt, erzeugt durch lokale Ausnahmsbedingungen, wie Anreicherungen flüchtiger Bestandteile oder Assimilationen. Unter besonderen tektonischen Bedingungen entwickeln sich auch basische Alkaligesteine reicher an Kali, wie Basanite, Trachydolerite, Essexite usw., sie pflegen die jüngsten Stammesglieder zu sein. Die Feldspatregel gilt für sie nicht.

Backlund stellt sich nun die Entwicklung folgendermaßen vor:

Ein Magmabassin unterlagert die andine Region und unterliegt der Gravitationsdifferentiation, die leichteren, sauren Magmen oben, die schwereren, basischen in tieferen Niveaulagen (Abb. 20<sub>1</sub>). Eine Geosynklinale sinkt ein. Die erste orogenetische Phase läßt die Mulden tief eintauchen (Abb. 20<sub>2</sub>), sie geraten in heißere Zonen. Das Magma bricht hier zuerst durch (Abb. 20<sub>3</sub>), die Entwicklung des Stammes beginnt mit einem intermediären Effusivglied. Es kann aber unter Umständen der Durchbruch von der Muldenflanke aus erfolgen, dann werden die ersten Effusiva sauer sein.

Nach kurzer Zeit, die orogenetische Bewegung dauert fort, kommt es zur Intrusion saurer, leichterer und gasreicher Intrusiva (Abb. 20<sub>4</sub>). In der nächsten orogenetischen Phase wiederholt sich das Bild. Die Zeit ist meist zu kurz, als daß die Entwicklung des Stammes schon große Fortschritte gemacht hätte. Mit der fortschreitenden Entwicklung werden immer tiefere Niveaus des Magmaherdes angezapft. Die korrelaten Laven müssen die Tendenz haben, allmählich melanokrater und basischer zu werden, ihr Feldspat anorthitreicher. Am Ende der Entwicklung stehen Basalte, sog. Plateaubasalte, die als Kappen der Mesa auch in Mexiko und Nordamerika eine große Rolle spielen.

Einschmelzungen und die Ausdehnung des Magmas infolge der Druckentlastung bewirken in diesem Stadium allgemein Hebungen. Die andauernden tektonischen Zusammenpressungen, die fortgesetzten Intrusionen und Extrusionen tragen dazu bei, das betreffende Krustenstück zu versteifen, der Durchbruch wird allmählich immer schwieriger. Die Intrusiva,



die zuerst dem konkordanten Injektionstypus angehörten und Lakkolithe und ähnliche Intrusivformen bildeten, gehen mit der Zeit in den diskordanten Typus über. Am Schluß der Entwicklung stellt sich der Necktypus ein.

Abb. 20<sub>5-9</sub> der Backlund'schen Profile erläutern den weiteren Gang der Entwicklung. Die von Backlund aufgestellte Entwicklungsreihe bleibt in der Tat nicht auf die Anden beschränkt, sondern wiederholt sich in Mittel- und Nordamerika. Es soll deshalb diese Reihe als Back-

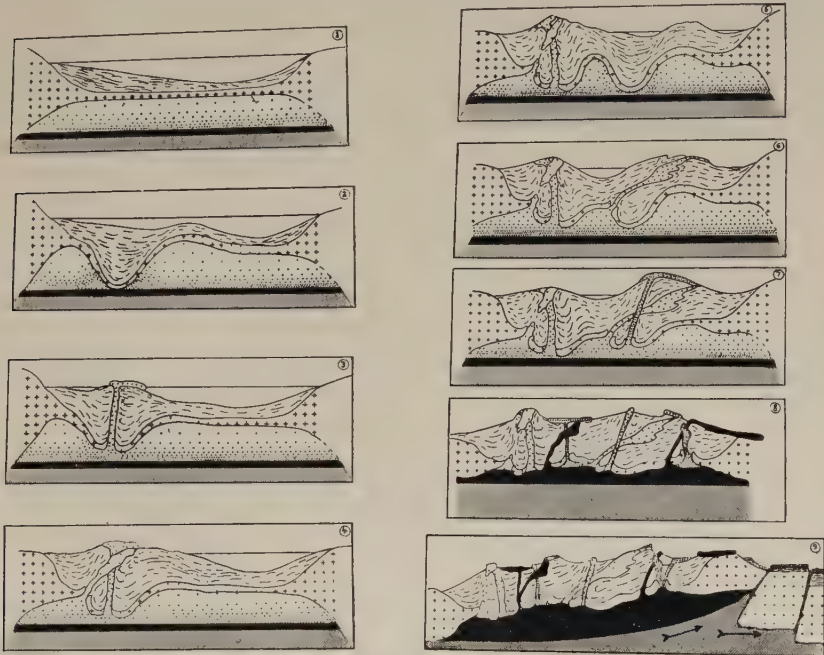


Abb. 20. Schematische Profile von Backlund zum Zusammenhang von Vulkanismus und Gebirgsbildung.

lund-Reihe bezeichnet werden. Also der Zyklus beginnt mit der Effusion intermediärer Magmen, es folgen saure Intrusiva, der Stamm entwickelt sich mit der Tendenz, basisch zu werden, zuletzt Effusion von Plateaubasalten unter gewissen Bedingungen auch von basischen Alkaligesteinen in Necks und ähnlich diskordanten Intrusivformen.

Backlund unterscheidet in den argentinischen Anden einen präandinen Vulkanzyklus. Ihm gehören die postpermischen Granite an und die ältere Porphyritformation, die im wesentlichen während der Trias zur Eruption gelangte, jedenfalls vor der Liasperiode. Im Lias beginnt der Zyklus mit spilitischen Gesteinen, Albitdiabasen und Quarzkeratophyren. Die Porphyritformation folgt als Streifen dem Westrand der brasilianischen



Masse und schneidet die späteren Anden unter einem Winkel von 45—60°. Die letzten Glieder sind Gänge von gabbroartigem Olivindiabas, die dazugehörigen Decken fehlen und sind wohl der Erosion zum Opfer gefallen.

Der eigentliche Andenzyklus wird in 5 Phasen unterteilt:

#### a) Die Dogger-Malm-Phase.

Sie eröffnet den andinen Zyklus. Dehnt man jedoch den Vergleich auf den ganzen pazifischen Rand der amerikanischen Kontinente aus, so würde ich sie als Vorphase der Pazifikrevolution und nicht zu den Andenphasen rechnen. Die korrelaten Effusivgesteine sind Porphyrite, die ein Seitenstück zu den Santoriniten Becken und den Shastaandesiten abgeben. Melaphyrdecken nehmen die Rolle der Plateaubasalte ein, Nephelinbasanite die der basischen Alkaligesteine.

Das Verbreitungsgebiet dieses Stammes ist der chilenische Rand.

#### b) Obere Kreide.

Das Verbreitungsgebiet schließt sich gegen Osten an den vorigen Streifen an. Vor allem gelangen jetzt die sog. Andengesteine zur Intrusion, granodioritische Tiefengesteine. Die korrelaten Effusivgesteine sind Labradorporphyrite. Essexite im Faltenvorland gehören dem gleichen Zyklus an.

#### c) Unteres Tertiär (Eozän, Oligozän).

Ältere Andesitformation: Hornblendeandesite, Hornblendehypersthenandesite. Die Intrusiva gehören zur Andengesteinsreihe und entsprechen Typen wie Adamelliten und Quarzdioriten. Im Vorland erscheinen Trachydolerite.

#### d) Mitteltertiär (Obermiozän).

Die Intrusiva sind Andengesteine wie Diorite, Quarzaugitdiorite und Quarzdiorite, die Effusiva Pyroxenandesite, die Alkaligesteine Trachydolerite und Bostonite.

#### e) Oberes Tertiär (Pliozän).

Die Intrusiva sind melanokrater geworden: Olivinnorite, Quarzaugitdiorite, Hornblendediorite und Gabbros sind die vorherrschenden Typen.

Die Effusiva sind Pyroxenandesite, Hornblendeandesite mit Annäherung an die Basalte. Unter den Alkaligesteinen stellen sich Banakite ein. Den Abschluß machen die Pampasbasalte, die vielleicht auch schon die beiden vorangehenden Phasen abschließen.

Nach Backlund nimmt auch Gerth zu diesem Problem Stellung. Genau so, wie die Faltungswelle von West nach Ost fortschreitet, läuft ihr eine Intrusionswelle parallel, in dieselben Phasen gegliedert. Die Intrusionen



bevorzugen die antiklinalen Zonen stärkerer Druckentlastung, vor allem die tiefgründigen Primärantiklinalen, in zweiter Linie, und zwar nur ausnahmsweise, die Sekundärantiklinalen. Sie fehlen ganz in den jüngeren abgescherten Schichten mit starkem Zusammenschub. Das Andenmagma ist in Form von Batholithen in ein sehr hohes Niveau emporgedrungen. Aus diesem Grunde ist die effusive vulkanische Tätigkeit, die den einzelnen tektonischen Phasen und Intrusionen folgte, besonders stark. In dieser Richtung liegen die Unterschiede des andinen und alpinen Gebirgstypus. Die Intrusionen fehlen den jungen Schichten der Alpen, weil diese viel stärker zusammengeschoben sind. Aus dem gleichen Grunde fehlen Andengesteinsintrusionen in dem stark zusammengeschobenen Aconcaguagebiet. Gerth kommt nun im Gegensatz zu Penck und Backlund zur Auffassung, daß die Magmaintrusion nicht der dynamische Faktor gewesen ist. Wenn der orogene Druck eine Folge von Magmaströmungen wäre, so könnten sich diese Vorgänge nur in einer solchen Tiefe abspielen, daß sie selbst in den Anden unserer Beobachtung unzugänglich wären. In der grundlegenden Frage, ob der Vulkanismus die Tektonik bestimmt oder umgekehrt, möchte ich unter Ablehnung des Penck'schen Standpunkts der Tektonik den Vorrang zusprechen, zumal, da die Untersuchungen von Cloos und seinen Mitarbeitern an den variskischen Graniten ergeben haben, daß diese ihre Ortstellung und Einrichtung einzig und allein der Tektonik verdanken. Das Granitmagma verhält sich wie eine hoch plastische Masse und bleibt völlig passiv (vgl. die Ausführung S. 547).

In meiner Studie über das Temperaturoesetz in der Erde habe ich zu zeigen versucht, daß eine im landläufigen Sinn flüssige Magmazone bis zur Tiefe von 70 km nicht existiert, die Magmen werden erst durch Druckentlastung und Verschiebung der Isothermen verflüssigt. Das Verhalten der Erdkruste und des Erdmantels den seismischen Wellen gegenüber zwingt zu diesem Schluß. Transversale Wellen werden bis zu großen Tiefen beobachtet. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Longitudinal- und Transversalwellen entsprechen denen kristallisierter Medien. In einer echten Flüssigkeit können Transversalwellen überhaupt nicht auftreten. Eine allgemeine flüssige Magmazone unter der Erdkruste steht mit dem seismischen Verhalten im Widerspruch, sie kann nicht existieren. Selbst wenn in einer gewissen Tiefe der Schmelzpunkt erreicht werden sollte, so wäre der Zustand unter den herrschenden Drucken höchstens mit dem des Glases unter Atmosphärendruck vergleichbar. Der Widerstand gegen eine Formenveränderung (Righeit) ist bei Gläsern und Kristallen nicht so verschieden, wie es die magmatischen Theorien verlangen. Rein dynamische Faktoren sind es, die die Gleichgewichte stören. Ohne Schrumpfungerscheinungen, da hat Gerth völlig recht, wird man die Faltungen nie restlos erklären können.



## I. Die Antarktanden.

Der antarktische Kontinent ist ein Doppelkontinent. Die Weddellsee ist gegen Süden durch eine ähnliche Eisbarriere abgeriegelt, wie die Roßsee zwischen Süd-Viktorialand und König-Eduard-VII.-Land. Es ist möglich, daß zwischen beiden Regionen die Landverbindung unterbrochen ist. Die westliche Hälfte, Westantarktika, zeigt viele Analogien mit dem Bau Südamerikas. Ostantarktika gehört dagegen zu Australien. Den westlichen Rand Westantarktikas oder Grahamsland nimmt ein Gebirge ein, das nicht selten über 2000 m Höhe erreicht. Dieses Gebirge ist das getreue Spiegelbild der südamerikanischen Anden. An seinem Aufbau nehmen junge granitodioritische Tiefengesteine vom Typus der Andengesteine einen hervorragenden Anteil. Es sind vorherrschende Diorite mit  $C > A$  (vgl. Tabelle Seite 393). Die Faltung hat wie in den Anden mesozoische Sedimente mit betroffen. Diese Übereinstimmung und die spiegelbildliche Symmetrie legt den Gedanken einer bogenförmigen Verbindung mit den patagonischen Anden nahe. Diese wurde in dem Reiter-Arktowski-Bogen, Sueß nannte ihn den Südantillenbogen, über die Südorkney, Südsandwichinseln, Südgeorgien, Staateninsel zum Feuerland und Kap Horn gesucht. F. Kühn lehnt diese Verbindung aus folgenden Gründen ab. Die Topographie des Meeresbodens läßt einen zusammenhängenden untermeerischen Sockel dieser Bogenführung vermissen. Südgeorgien ist der Rest eines Faltengebirges, marine mesozoische Sedimente sind mitgefaltet, Streichen NW—SO, die Falten sind nach Norden überlegt. Auf der Südorkneygruppe fand man stark gefaltetes Silur, die Streichrichtung ist hier ebenfalls NW—SO, die Faltung aber offenbar älter als die andine, die Inselgruppe ist ein Stück der Vorkordillere. Die Verlängerung der granitodioritischen Kordillerenaxe über Kap Horn hinaus, die hier nicht blind enden kann, führt zu den Südorkney, die Verlängerung der Antarktanden erreicht dieselbe Inselgruppe, hier müßten sich beide Kordilleren treffen. Eine Änderung der Isobathenführung durch Heyn auf der Grollschen Tiefenkarte auf Grund neueren Materials läßt den submarinen Schwellencharakter zwischen Südorkney und Südsandwich zum Vorschein kommen. Auf der konvexen Stirnseite des Bogens hat die Meteorexpedition eine Vortiefe von — 8060 m bei ihrer Vermessung des südlichen Atlantischen Ozeans durch Echolotungen festgestellt.

Wie an ihrem nördlichen Ende zersplittern die Anden auch an ihrem südlichen. Grabenbrüche treten ein. Die Versenkung ist im Süden derartig fortgeschritten, daß es bei den spärlichen sichtbaren Resten ungleich schwieriger möglich ist, die Zusammenhänge zu erkennen.

Die Antarktanden bestehen aus drei parallelen Ketten:



### 1. Die Außenkette oder Inselantarktanden, Südshetlandinseln.

Die Drakestraße zwischen diesen Inseln und Südamerika sinkt über 4000 m ab. Das Vorkommen von blaugrauen Schiefen auf den Südshetlandinseln, die vielleicht ähnlichen Schiefen auf Südgeorgien gleichzusetzen sind, in denen man Reste eines Acanthoceratiten gefunden hat, sind Spuren der Kreide. Auf der Nelsoninsel steht ein prophylitähnlicher Porphyrit an. Von der Admirautébucht auf der König-Georg-Insel wurde ein Hypersthenandesit ( $C > A$ ) gesammelt. Die Powellinseln sind unbekannt, ihre Streichrichtung paßt nicht in die der Südshetlandinseln. Sie sind vielleicht Reste einer nördlichen Kulisse. In den Südorkney müssen wir aus großer Meerestiefe aufragende Horstpartien der präpatagonischen Kordillere erblicken mit ihren stark gefalteten Silurschichten. Das Streichen ist NW—SO. Der Grabenbruch der Bransfieldstraße grenzt die Inselantarktanden gegen Süden ab.

### 2. Die Zentralkordillere

baut sich aus dioritischen Andengesteinen (vgl. Tabelle S. 394) auf. Ihr Alter kann als spätmesozoisch angesprochen werden. Diese Tiefengesteine setzen den Westsaum von Grahamland, Charcotland, Alexander-I.-Land, Loubetland, Dancoland und die vorgelagerten Inseln wie Adelaideinsel, Jennyinsel, Biscoeinseln, Palmerarchipel (Belgicainseln) zusammen. Sie erinnert an die patagonische Fjordlandschaft. Südlich von Charcotland gehen die Spuren dieser Kette verloren. Die Granite von König-Eduard-Land tragen nicht mehr Andengesteinscharakter. Die andesitischen Ergußgesteine gehören dem gleichen Typus an. Bemerkenswert ist der Ägirin, Alkalihornblende und Anorthoklas führende Paisanit der Insel Wandel.

### 3. Die Ostkordillere

ist vom König-Oskar-Land zur Hoffnungsbucht und zur Joinvilleinsel verfolgt worden. Einen tieferen Einblick hat man nur in der Hoffnungsbucht am Anarkticasund gewonnen. Terrestrische Juraablagerungen mit Pflanzenresten und darüber Quarzporphyrtuffe sind gefaltet. Gneise, kristalline Schiefer, Porphyre und rote Granite, die den Granittypen der feurländischen Zentralkordillere durchaus entsprechen, sind unter den Geröllen vertreten.

### 4. Die südliche Basaltzone.

Die außerandine Region entspricht vollständig der patagonischen Tafel. Flachgelagerte senone Kreide mit Lahillia Luisa und patagonische Mollasse, mächtige Basaltdecken und dunkelfarbige Palagonittuffe über der Kreide bauen sie auf.

Jasoninsel?, die Robertsoninsel ( $65^{\circ} 20' S$ ,  $59^{\circ} 40' W$ ), die



Christensseninsel, 300 m, nach Larsen ein tätiger Vulkan, was von Nordensköld bestritten wird. Robbennunataks, langgestreckte Kämme, die Reste zerstörter Kraterwälle, Lindenberginsel, nach Larsen tätig, von Nordensköld nicht bestätigt, die große Roßinsel sind die wichtigsten basaltischen Vorkommen. Die James-Roß-Insel kulminiert in dem 1500 m hohen Haddingtonberg, einem Stratovulkan mit starker Beteiligung von Palagonittuffen. Ferner mögen genannt werden die Lockyerinsel, die Cockburninsel im Admiralitätssund, auch der teilweise zerstörte Krater der Pauletinsel, 385 m. Auch auf der Westseite des Kronprinz-Gustav-Kanals sind Basalte z. B. auf der Roten Insel verbreitet. In diesem ganzen streifenförmigen Gebiet auf der südlichen Seite ist der im Mitteltertiär einsetzende Vulkanismus seit dem Pleistozän erloschen. Die Gesteine sind nach Bäckström Olivenbasalte (vgl. Tafel S. 396).

#### 5. Die Vulkane der Bransfieldstraße.

Die Bransfieldstraße zwischen den Inselantarktanden und Grahamsland ist ein Grabenbruch, der an seinem Südrand einen noch tätigen Vulkan trägt. Die Deceptioninsel mit dem Pondberg, 576 m (Gourdon), besitzt einen völlig erhaltenen Krater mit zahlreichen Fumarolen, in denen eine Temperatur von 90° gemessen wurde (Laven, vgl. Tabelle S. 396). Die Bridgemanninsel ist kein tätiger Vulkan, sondern besteht aus Tuffen mit Olivindiabasgängen.

Aus dem Südpazifischen Ozean vermerkt Sapper einen submarinen Ausbruch am 10. Dezember 1876 von 65° 15' S. B. und 75° 12' W. L., der zu einer vorübergehenden Inselbildung führte. Vielleicht gehört er diesem Zuge an.

#### 6. Die Vulkane des Südsandwichsbogens.

Die Südsandwichsinseln ragen aus über 2000 m tiefem Meer auf. Man pflegt die nördlichen Inseln als Traversegruppe zusammenzufassen. Sie beginnt mit den stark vereisten Süd-Thuleinseln, von denen Gesteinsproben nicht untersucht sind, es folgen die gleichfalls stark vereiste Bristolinsel, 518 m (Larsen), mit einem feldspatreichen Basalt mit Enstatitaugit, die Montagueinsel mit zwei erhaltenen Kratern im Süden und Nordosten, die Gesteine sind olivinreiche Basalte. Auf der Saundersinsel fand Larsen zwei Vulkane, der nördliche ist 609 m hoch, der südliche niedriger. Die Saundersbasalte sind wie die Bristolgesteine Alboranite (vgl. Analyse S. 396).

Die Candlemaßinsel, 488 m (Larsen), hat zwei Krater auf der nördlichen Hälfte. Der nördlichste entwickelt noch Dampf, die Basalte sind ebenfalls sehr plagioklasreich.



Auf der nördlichen Traversegruppe ist die Insel Visokoi (Wysokoi) und die am weitesten gegen Westen vorgeschobene Lieskowinsel nicht näher untersucht. Die nördlichste Insel des Bogens, die Zawadowskji, 366 m (Sawodowskii), ist noch tätig. Sie trägt zwei Vulkane, einen in der Mitte, den anderen im Südwesten. Die Tätigkeit beschränkt sich auf die südlichen Teile des mittleren Kraters, wo aus Spalten gespannte vulkanische Gase und Dämpfe ausströmen.

## II. Die außerandine patagonische Basaltformation.

Eine eigene magmatische Provinz bildet die patagonische Basaltformation, mächtige Basaltdecken vom arktischen Typus erscheinen innerhalb der patagonischen Pampas, durch die Erosion in mehr oder weniger umfangreiche Partien aufgelöst. Sie sind, wie oben bereits festgestellt worden ist, in der Zeit vom mittleren Miozän bis zum Pleistozän als Lineareruptionen zum Erguß gekommen. Rezente Spuren einer Tätigkeit sind nirgends beobachtet worden.

Der südlichste Punkt ist der von Nordenskjöld entdeckte basaltische Vulkan quartären Alters am Rio del Oro, im nördlichen Feuerland. Seine Lava ist ein schwarzer, schlackiger Basalt. Eine Reihe basaltischer Vulkane und Kuppen zieht sich vom Cap Virgenes am Eingang der Magellanstraße in nordwestlicher Richtung entlang der chilenischen Grenze zum Rio Gallegos. Im Mündungsgebiet des Rio Gallegos und am Rio Chico de Gallegos finden sich zahlreiche Basaltkuppen und Lavafelder, z. T. mit wohl erhaltenen Kraterformen. Zumal im Los-Frailes-Gebiet sind typische Pittkrater von 50 m Durchmesser, deren innere Wände 5—17 m senkrecht abfallen, festgestellt. Basalte gibt Hauthal zu beiden Seiten des mittleren Rio Gallegos an, ferner nördlich des Rio Coile. Vereinzelt Basaltkuppen erscheinen am Rio Penitente, einem Quellfluß des Gallegos, weiter nördlich folgen die Basaltkuppen der Morros, Morro Domeyko (trachytoider Olivinbasalt), Morro Philippi, 385 m, Morro Gay. Erst nördlich vom 51. Breitengrad gewinnen die Basaltdecken Zusammenhang und Ausdehnung. Die Meseta de las Vizcachas besteht vorwiegend aus Basaltdecken. Basaltdecken mit agglomeratischen Tuffen über Tertiär und Lahilliasandsteinen spielen in der im Westen sich anschließenden Sierra de los Baguales, 1700 m, eine größere Rolle. Die Basalte gehen nach Bäckströms petrographischen Bestimmungen von echten Olivinbasalten durch Zunahme des Plagioglas in den Navittypus über.

Basaltdecken liegen zu beiden Seiten des Mittellaufs des Santa-Cruz-Flusses, ferner im Osten und zwischen den beiden Seen Lago Argentino und Viedma, getrennt durch den Rio Leona, endlich auch nördlich des letztgenannten Sees.



Eine Basaltmeseta riesiger Dimensionen, sie deckt 19 000 qkm, liegt im Stromdreieck der Rio Chico und Rio Shehuen. Eine zweite, wenn auch nicht ganz so große Basaltmeseta, die Meseta Belgrano, folgt am Ostabhang der Kordillere nach Norden und endlich südlich vom Lago Buenos Aires die Meseta Zeballos, 6500 qkm. Weiter nach Norden sind die Basaltdecken des Rio Senguer als die bedeutendsten zu nennen. In den eigentlichen Pampas gibt die Hauthalsche Karte noch eine ganze Reihe größerer Basaltdecken an, die sich bis zum Rio Negro und Rio Neuquén hinaufziehen und nicht weiter aufgezählt zu werden brauchen.

Die Oberfläche der Meseta ist eine öde, von Basaltblöcken bedeckte Wüstenlandschaft.

Ein ähnliches, bis 800 000 qkm bedeckendes Basaltareal findet sich weiter nördlich im Stromgebiet des Rio Paraná. Es ist beinahe so groß wie die Basaltdecken des Dekkan und Kolumbiaplateaus zusammen. Dieser Trappbasalt ist zwischen oberer Trias und Anfang Kreide ergossen worden (C. Laurence Baker, *The Lavafeld of the Paraná Bassin, South Amerika. Journ. Geol.* 1, 1923, S. 66).

### III. Die patagonischen Anden.

Die patagonischen Anden rechnen vom Kap Horn bis zum 41. Breitengrad, hier erreicht die Depression des chilenischen Längstals das Meeresniveau und die Fjordküste beginnt, die für die patagonischen Anden so charakteristisch ist. Das Gebirge gliedert sich in folgende Parallelzonen:

1. Die eigentliche Küstenkordillere tritt erst nördlich des Peñasgolfes, 47° S. Br., aus dem Meere hervor und bildet die Halbinsel Tayato (Taitao), die Chonosinseln und Chiloe, sie besteht aus altkristallinen Gneisen und Glimmerschiefern, überlagert von Tertiär.

2. Die granitodioritische Andengesteinszonen (Quensels patagonische Küstenkordillere). Sie verlaufen vom Kap Horn über zahllose größere und kleinere schärenartige Inseln entlang der Küste bis zum Peñasgolf und weiter in einem etwas weniger breiten Streifen östlich vom Kanal Moraledo, dem Corcovado-Golf zur Reloncavibai bei Puerto Mont. Die Breite dieses gewaltigen Andengesteinszuges schwankt zwischen 60—90 km. Die herrschenden Gesteinstypen sind Quarzdiorite und Plagioklasgranite, ihre westliche Kontaktzone ist nur in wenigen Spuren in den Evangelistasfelsen, der Pachecoinsel und am Trinidadkanal erhalten. Es sind kontaktveränderte Phyllite und Tonschiefer, die man den oberjurassischen Tekenikaschiefern gleichstellt. Die östliche Kontaktzone reicht bis zu der Linie, bis zu welcher die Fjorde in das Festland eindringen, so daß die Fjordbildung mit der Tiefengesteinszone in genetischem Zusammenhang zu stehen scheint. Diese Zone liegt in der Verlängerung des chilenischen Längstales, sie bildet in ihren



südlichen Abschnitten bis zur Magellanstraße eine stark vergletscherte, muldenförmige Depression. Die Andengesteinszone ist das Seitenstück auf der südlichen Hemisphäre zu den columbischen Granodioriten im Norden.

3. Hauptkordillere (Quensels Zentral- und Ostkordillere). Die Hauptkordillere besteht aus gefalteten mesozoischen Schichten. Quensel unterscheidet drei Abschnitte. Der südliche Abschnitt vom Feuerland bis zum Lago Argentino ist ein einfaches Faltengebirge mit einer deutlich gegen Westen zunehmenden Regionalmetamorphose, die Falten tauchen unter das Tertiär der Pampas unter. Die ältesten Glieder gehören einer mächtigen, wahrscheinlich jurassischen Quarzporphyrformation an.

Im zweiten Abschnitt zwischen Lago Argentino und Lago Buenos Aires erscheinen das erste Mal Spuren älterer, wenigstens jurassischer, vielleicht paläozoischer Schiefer. Zwei Faltungsperioden lassen sich erkennen, die ältere jurassische und die tertiäre andine Faltung. Nördlich vom Lago San Martin herrschen mächtige Ablagerungen von mesozoischen Porphyriten und Porphyrituffen, die dann weiter im Norden eine so große Rolle spielen. Die Zone der maximalen jurassischen Faltung lag weiter östlich von der heutigen Zentralkordillere.

Der dritte Abschnitt endlich erstreckt sich vom Lago San Martin bis zum Nahuelhuapisee, 41° S.Br., und baut sich fast ausschließlich aus Porphyrituffen auf, die unmittelbar gegen die Plateauregion angrenzen, nur im Westen werden sie von den Graniten durch eine schmale Zone mesozoischer Schiefer getrennt.

Vom Feuerland bis zum nördlichen Ende stecken in den mesozoischen Schiefen eine große Anzahl junger Granitlakkolithe, und oft sind an ihren Flanken oder auf dem Gipfel noch Reste der schwarzen, kontaktveränderten, mesozoischen Hüllschichten erhalten. Sie bilden die höchsten Zinnen des Gebirges. Die wichtigsten sind von Süden nach Norden folgende: im Feuerland Mt. Svea und Mt. Darwin, 2500 m, in der Kordillere nördlich der Magellanstraße Cerro Balmaceda, 2220 m, Cerro Donoso, 1700 m, Cerro Payne, 3000 m, Cerro Cagual u. a., in der Nähe des Lago Viedma Cerro Fitzroi, 3370 m, Cerro Agassiz, 3170 m, südlich des Lago Pueyrredon Cerro San Lorenzo, 3660 m, und eine Reihe weiterer Lakkolithe nach Norden.

Die petrographischen Untersuchungen Quensels zeigten, daß hier interessante Gesteine auftreten, die von dem gewöhnlichen Andengesteinstypus abweichen. Die Cerro Svea und Darwinkette besteht aus lichten muskovitführenden Graniten, die die neokomen Mt.-Tarn-Schiefer kontaktmetamorph verändert haben.

Besonders reich ist die Gesteinsmannigfaltigkeit des Cerro Balmaceda. Er steckt in einem gefalteten Mantel von Schiefen der jüngeren Kreide. Das Hauptgestein ist ein mittelkörniger, holokristalliner Quarzmonzonit, der in einen Biotitmonzonit übergeht und sich nach der femischen Seite zu



Olivinmonzonit und Kentallenit entwickelt. Als salisches Spaltprodukt erscheint ein Nordmarkit (Analyse 6, Tab. S. 399), ferner Ägirinaugitsyenit.

Der Cerro Donoso, der früher wegen seiner Kegelgestalt als Vulkan angesprochen wurde, besteht aus Tonalit mit dunklen basischen Schlieren und einer sauren Randfazies von Quarzglimmerdiorit. Ähnlicher Zusammensetzung ist der benachbarte Cerro Ferrier.

Das Paynemassiv ist eine großartige lakkolithische Intrusion von hervorragend landschaftlicher Schönheit und Klarheit der Lagerungsverhältnisse. Es bedeckt ein Areal von 320 qkm. Ein weißer Biotitgranit kontrastiert gegen die dunkle Schieferhülle. Abgesehen von quarzdioritischen Schlieren besitzt der Granit eine konstante Zusammensetzung. Seine Randfazies ist aplitisch. Die zentralen Teile des Westmassivs bestehen dagegen aus einem dunklen Bronzitorthoklasgabbro (Analyse 8, Tab. S. 399). Alle drei beschriebenen Lakkolithe durchbrechen die Inoceramenschiefer und sind also postsenonen Alters. Ähnliche granitische Gesteine sind im Gebiet des Lago Argentino und Belgrano verbreitet, sie reichen bis zum Cerro San Lorenzo, oft von Dioriten begleitet. Nach einer längeren Unterbrechung erscheinen sie im Gebiet des Rio Aisen wieder.

Während alle Lakkolithe saurer Natur sind, erscheinen alkalireiche, basische Gesteine erst in der subandinen Region. Essexite und verwandte Gesteine durchbrechen in kleinen Kuppen oder Massiven, auch Lagergängen die Kreide. Das südlichste derartige Vorkommen sind die effusiven Shoshonite, südlich vom Cerro Pinto, am Skyring Water, etwa 52° 30' S.Br. (Analyse 3, Tab. S. 399). Typische Essexite erscheinen mit einer Ganggefölschaft im Rio-Payne-Gebiet, am Cerro Cagual, im Flußgebiet des Rio Mayer, Pinto und Carbon.

Nunmehr sind die eigentlichen jungen Vulkane zu besprechen.

#### IV. Die patagonisch-südchilenische Vulkanzone.

##### 1. Die patagonische Vulkanzone.

Der südlichste der patagonischen Vulkane und damit der südamerikanischen Vulkane überhaupt ist der Mt. Burney am Smythkanal, 52° 20' S.Br., nachdem andere angebliche Vulkane weiter südlich, wie Mt. Oreille auf Crévy, Kap-Horn-Inseln, sich als andere Gebilde herausgestellt haben. Er ist ein 1769 m hoher konischer Stratovulkan, der noch wenig von der Erosion gelitten hat und nach Sapper im März 1910 einen starken Ausbruch mit Erdbeben gehabt hat. Seine Lava ist ein Hypersthenandesit (Analyse 1, Tab. S. 401). Die nächsten jungvulkanischen Spuren sind die stark vergletscherten Mano Diablo (Teufelsfinger), fünfzackige, zerrissene Zinnen, im Hintergrund des Peel Inlet. Es folgen westlich vom Lago San Martin, 49° S.Br., die San-Martin-Vulkane am Ventis-



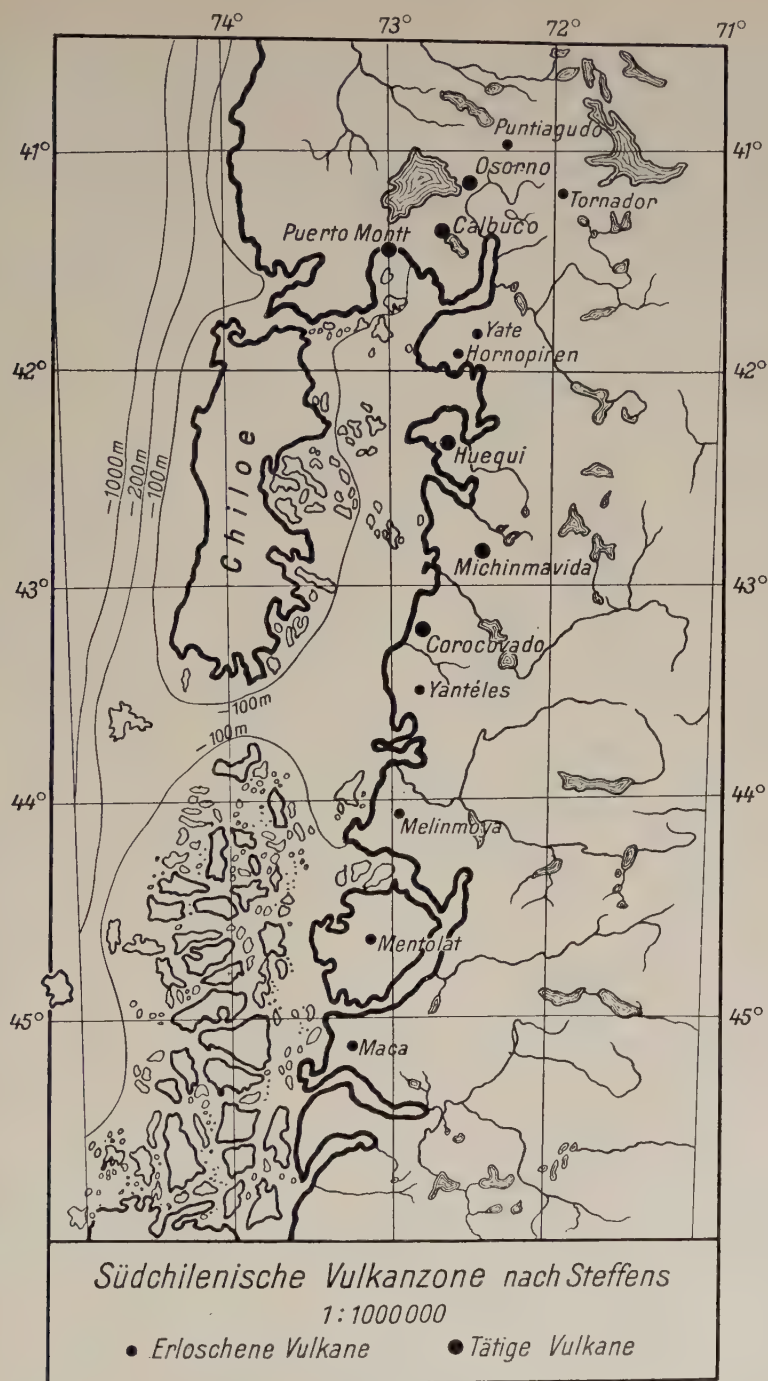


Abb. 21.



quero Schönmeier, ebenfalls fast vollständig von Gletschereis bedeckt. Die etwas unsicheren Angaben von Vulkanausbrüchen in Westpatagonien und im  $48^{\circ} 56'$  S. Br. vom 18. Jan. 1878 und 1879 können sich nur auf die San-Martin-Vulkane beziehen. Die Gesteine der beiden Vulkangruppen sind trachytische Andesite. Nach einer Unterbrechung von 4 Breitengraden eröffnet der erloschene Vulkan *Macca*, 2860 m, am Aisenfjord, ein Kegel, der in einen Doppelgipfel ausläuft, die dicht besetzte chilenische Vulkanreihe. Es folgen auf der Insel Magdalena der 1660 m hohe Calderaberg *Mentolat*, dann auf dem Festlande der hohe Cerro *Melimoya*, 2400 m, ein Berg mit vier brustwarzenartigen Spitzen, von dessen Tätigkeit nichts Näheres bekannt ist. Cerro *Yantéles*, 2050 m ( $43^{\circ} 29'$  S. Br.,  $72^{\circ} 49'$  W. L.), zeigte 1835 nach *Sapper* eine auffallendere Schneeschmelze, mag also zu den fraglich tätigen Bergen gezählt werden, im übrigen ist er kaum näher untersucht. Der Vulkan *Corcovado*, 2330 m ( $43^{\circ} 11'$  S. Br.,  $72^{\circ} 46'$  W. L.), ist noch tätig. Ausbrüche sind aus den Jahren 1834 Nov., 1835 11. Nov. (? *H. Steffen*) bekannt, sie waren explosiver Natur. *Minchinmavida* (*Minchinmahuida*), 2470 m ( $42^{\circ} 47'$  S. Br.,  $72^{\circ} 26'$  W. L.), ist ebenfalls tätig. Ausbrüche: 1742?, 1800—1835 schwach solfatarisch, nach dem Beben vom 2. Febr. 1835 begann eine lebhaftere Tätigkeit, die bis zum Lavaauswurf führte. Nun folgt der Vulkan *Huequi*, ca. 1000 m ( $42^{\circ} 21'$  S. Br.,  $72^{\circ} 36'$  W. L.). Ausbrüche: 1893, 1906 Sept., 1907 April, sie waren explosiver Natur. Der Vulkan *Hornopiren*, 1670 m, und sein nördlicher Nachbar *Yate*, 2110 m, sind nicht tätig. Ein kleines erloschenes Vulkangebiet befindet sich endlich am Nordende der Insel Chiloe bei Ankud. Der tätigste unter den patagonischen Vulkanen in neuerer Zeit ist der *Calbuco*, 1694 m ( $41^{\circ} 20'$  S. Br.,  $72^{\circ} 37'$  W. L.), er ist von dem Vulkan *Osorno*, 2652 m ( $41^{\circ} 8'$  S. Br.,  $72^{\circ} 29'$  W. L.), durch eine aus Lavafeldern bestehenden Einsattlung von 1200 m Höhe getrennt. Beide Vulkane sind häufig miteinander verwechselt worden, so daß es nicht leicht wird, alte Ausbrüche richtig zu lokalisieren. Der *Calbuco* galt bis zum Jahre 1893 für erloschen, obschon *Darwin* ihn am 26. Nov. 1834 in Tätigkeit gesehen hatte. Auch von anderen Ausbrüchen bis 1845 war die Rede. Nach *Juliet* (Angabe bei *Steffen*) sei der Berg ursprünglich höher als der *Osorno* gewesen, habe aber durch einen bedeutenden Gipfeleinsturz an Höhe verloren. Zuverlässige Nachrichten liegen erst von dem Aschenausbruch des Jahres 1893 7. Jan., 17. April, Sept. bis Nov., 29. Nov., nach *Pöhlmann* ultravulkanische Eruptionen mit Förderung alten Materials, vor, der eine bis 1896 andauernde Tätigkeitsperiode einleitete, 1893 war der Berg mit dem oben erwähnten Vulkan *Huequi* zugleich rhythmisch tätig, während die Nachbarvulkane ruhig blieben. Gewaltige Schlammströme wurden gegen NO ergossen und bildeten vegetationsleere Sandflächen (*arenales*). v. *Bönnighausen* fand im Sommer 1911 einen kreisrunden,



steilwandigen Krater von 1 km Durchmesser mit einem sekundären Kegel (Staukegel?) in der Mitte. Aus der Ostwand tritt ein junger Lavastrom oberhalb des Salto aus, der schon wahrscheinlich gelegentlich dieser Eruptionsperiode gefördert wurde. Nach einer Pause nahm der Vulkan am 13./14. April 1917 seine Tätigkeit wieder auf und förderte Asche und Schlammströme in der alten Richtung. Auch zeigte sich ein Verwachsen des Staukegels im alten Krater, zuletzt 1927 tätig (Sapper). Die Calbuco lava ist ein trachytisch rauher Hypersthenandesit mit 54,07%  $\text{SiO}_2$ , seine Bestandteile sind Lab.-Byt., Olivin, Hypersthen, Augit und Magnetit. Die Asche von 1894 ist etwas saurer.

Der Osorno im Osten des Llanquihueeses, 2260 m, ist in den folgenden Jahren tätig gewesen: 1719—1790, explosiv 1834 26. Nov., 1835 19./20. Jan., 1835 das ganze Jahr, 5. Dez. stürzte die SSO-Seite der beiden Krater ein und Lava erschien.

Bis 1850 sollen zahlreiche Ausbrüche sich ereignet haben, ferner 1855 und 1869. Beide Vulkane erheben sich am Westabbruch der granodioritischen Andengesteine. Längs der Bocca de Reloncavi finden sich sechs kleine erloschene Ausbruchspunkte. Der nördlichste der patagonischen Vulkane ist der Puntia gudo, 2490 m, auf breitem Unterbau erhebt sich eine hornförmige Gipfelspitze. Typus Quilindaña (Bd. I, S. 500); historische Ausbrüche sind nicht bekannt.

Innerhalb der Kordillere ist die Zahl jungvulkanischer Vorkommen eine große, tätige Vulkane kennt man nicht.

Soviel man bis heute weiß, sind die Laven der drei südlichsten Vulkangruppen sauer, erst mit dem Macavulkan nimmt die Lava den basischen Charakter der südchilenischen Vulkane an.

Über die Position der Vulkane führt Steffen aus, daß die großen Vulkane gewissermaßen als Vorposten auf dem Westabbruch der Andengesteinsquerriegel gegen den großen Längsbruch stehen, den man als die untermeerische Fortsetzung des chilenischen Längstales ansehen muß. Der Kanal Moraleda, der Corcovadogolf, der Golf von Ancud und Reloncavi liegen in dieser Tiefenlinie.

## 2. Die chilenisch-argentinischen Vulkane.

An den Puntia gudo, den man, wenn man will, bereits zu der chilenischen Reihe rechnen kann, schließen sich die Vulkane an, welche das chilenische Längstal im Osten flankieren.

Der nächste ist der Puyehue, 2200 m, der bis auf thermale Tätigkeit erloschen ist, nur 1905 nach Krumm einen Ausbruch gehabt hat, etwas südlicher von ihm der kleine Vulkan Caulle (Cauye). Diesem Vulkan hat man eine Explosion aus dem Jahre 1907 zugeschrieben. Nach E. Volkmann aus Valdivia ist die Kordillere Pelada, 1500 m, im



Quellgebiet des Rio Riñahue, einem Zufluß zum Rancosee, zwischen 40° 30' und 40° 20' in jüngster Zeit der Schauplatz sehr reger vulkanischer Tätigkeit gewesen. Am 13. Dezember 1921 fand ein kurz andauernder Hauptausbruch des Los Azufres, 1657 m (Sapper) statt. Die Lockerprodukte wurden bis 100 km SSO verweht. Nach den um die Erforschung chilenischer Vulkane so verdienten Herrn Vogel hat sich ein größerer Krater geöffnet, der vielleicht von kleineren Kratern und Spalten begleitet war. Nach der Explosion quoll flüssige Lava in zwei mächtigen Strömen talwärts. Der eine floß anfänglich nach Osten, dann in einem Bogen nach Norden auf dem rechten Ufer des Rio Riñahue, der andere nach Norden, und wurde einige Kilometer lang bei einer Breite von 750 m. Die unter der Lava begrabene Vegetation wurde unter Luftabschluß destilliert, so daß Wasser des Flusses Geschmack und Geruch von Holzessig annahm und bis auf 60—70° erwärmt wurde. Es handelt sich bei diesem Ausbruch offenbar um die Entstehung eines neuen Vulkans mit Lavaförderung.

Etwas weiter nördlich am Ostufer des Rancosees erfolgte auf dem linken Ufer des Riñahue 40—50 m über dem Flußbett im Jahre 1907 4. April eine Explosion des Kraters Riñahue. Im Krater entstand ein 50 m hoher Aschenkegel.

Es folgt nun unter 39° 56' S.Br. und 72° 2' W.L. der Doppelvulkan El Mocho und Vulkan Shoshuenco, auch Volcan de Lajara oder Volcan Riñihue, 2370 m, genannt. Der Mocho, 2430 m, besitzt einen abgestumpften, vergletscherten Gipfel mit einem 600 m tiefen Krater. 1864 soll er tätig gewesen sein, seit dieser Zeit ist er ruhig. Durch seine früheren Ausbrüche wurde der Riñihuesee vom Panguipullisee abgestaut.

Lanin, 3500 m, soll nach dem Beben 1906 tätig gewesen sein (Lütgens), was aber Steffen bestreitet. Am 2. Febr. 1908 ließ der Berg nach Lütgens dumpfes Grollen hören. In kurzen Abständen von je 20 km folgen in südöstlicher Richtung der Quetrapillan (Quatrupillan, der „Abgestumpfte“), 2360 m, 39° 30' S.Br., 71° 44' W.L. ohne Anzeichen einer Tätigkeit und der oft tätige, große Vulkan Villarica, 2840 m, ein Berg mit schöner Kegelform, 39° 35' S.Br., 71° 55' W.L. Für gewöhnlich betätigt er sich nur solfatarisch. Größere Ausbrüche wurden aus den Jahren bekannt: 1640, Febr., mit Lavaförderung, vor 1780, 1822 zugleich mit einem Nachbarvulkan, 1869, 1875, 1876, 1883, 1906—1907, besonders 1907 22. April und Dez. Den letzten großen Ausbruch vom 31. Okt. 1908 beschreibt Lütgens. 8 Uhr abends fand ein starker Aschenausbruch statt mit Abschmelzen der Firnkuppe. Ein Schlammstrom wälzte sich durch das Rio-Turbio-Tal zum Rio Pucon 15 km lang,  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  km breit, 30 m mächtig. Einige Kubikmeter große Eismassen gelangten bis in den



Villaricasee. Das Getöse des niedergehenden Stromes wurde noch in 40 km Luftlinie gehört. Lava kam jedoch nicht zum Vorschein, die jüngste Lava ist wenigstens 100 Jahre alt. In der Nacht zum 1. März grollte der Berg, um endlich vom 21. Dez. an einige Tage in Abständen von 10 Minuten stoßweise zu explodieren und Steine auszuwerfen (strombolianische Phase).

In Hauthals Liste folgt ein Vulkan Zollipulli, über den nichts Näheres bekannt ist. Gegen das Längstal vorgeschoben steht der große Vulkan Llama (auch Llaymas oder Yaima nicht korrekt genannt), 3082 m, 38° 44' S.Br., 71° 51' W.L. Eine ganze Anzahl Ausbrüche sind bekannt, so aus den Jahren: 1640, 1751, 1852, 1862—1866, 1869 April, 1872, 1876, 1877 Jan., 1893 Dez., 1896, 1903, 12. Mai, größerer Ausbruch, der die Gestalt des Berges veränderte, ein riesiger Krater öffnete sich, aus dem ein Kegel emporwuchs. 1908 März, 1912, 1914, 1917 (Martin), Okt. 1927 (nach Zeitungsnachrichten).

Am Rande des Längstales, 38° 22' S.Br., 71° 35' W.L., steht der Lonquimai, 2873 m (Martin). Ausbrüche werden von Sapper 1853 (Fonck), 1887 24. Juni, 1889 Dez. vermerkt. Gleichfalls am Rande des Längstales erhebt sich der Tolhuaca, 2764 m, nach Burckhardt.

Tromen, 4000 m, 37° 7' S.Br., 70° 6' W.L., hat nach Hauthal 1822 einen Ausbruch erlebt. Die angeblichen Ausbrüche eines Vulkans Pomáhuida von 1820, 1823, 1827, 1828 beziehen sich nach Steffen auf den Tromen. Trelope wird in der Hauthalschen Liste erwähnt.

Copahue, 2967 m, besitzt nach Brügggen einen kleinen Kratersee, dessen Wasser 2% freie Salz- und Schwefelsäure enthält, endlich wird der Callaqui (Collaqui), 3075 m, in der Mitte des 18. Jahrhunderts als rauchend erwähnt.

Nun folgt der große Vulkan Antuco, 2762 m (2945 m, Martin), in 37° 23' S.Br., 71° 19' W.L., ein gewaltiges Massiv, in früherer Zeit unter dem Namen Volcan de la Laxa bekannt. Explosiv war der Berg 1752 31. Jan., 1. Febr. 1820, 1828 strombolianischer Ausbruch mit einem Rhythmus von 8—10 Min. und Lavaförderung, 1833 völlige Ruhe. 1839 begann die Tätigkeit wieder. 1848 erreicht sie den strombolianischen Grad, 1861 förderte der Vulkan einen kleinen Lavastrom. Nach einem schweren Erdbeben erlosch der Berg am 20. März 1861, 1863 war sein letzter Ausbruch.

In einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis mit dem Antuco steht die Vulkangruppe des Chillan, 2879 m (2904 m, 36° 49' S.Br., 71° 30' W.L., Martin). Ausbrüche: 1750, 1860, 1861 Juni, Nov., Dez., 1862 Febr., strombolianisch mit Explosionen alle 15—20 Minuten aus N—S verlaufenden Spalten, ein Lavastrom staute sich am Gletscher zu einer hohen Mauer. Dieser Ausbruch löste den Antuco ab. 1862 1. bis 3. März strombolianisch, 1864 Nov., Schlackenausbruch, 1865 Jan., Lavaförderung aus



zwei Spalten, 1889/90. Im Zusammenhang mit dem mittelchilenischen Erdbeben im August 1906 öffnete sich unterhalb des alten Kraters eine neue Ausbruchsstelle, die Dampf und Asche auswarf, April 1927.

Nun folgen auf der Hauthalschen Vulkanliste eine Anzahl von Bergen, wie die Gruppe des Payen, 3600 m, Berge an der Lagune Llanganelo, bei Cauquenes und endlich der Yeguas.

Das nächste größere, tätige vulkanische Massiv ist der Descabezado in der Provinz Talca. Es besteht aus drei Gipfeln, von Süden nach Norden: Cerro Azul, der blaue Berg, 3760 m, ein hahnenkammartiger Scheitel ( $35^{\circ} 40'$ ,  $70^{\circ} 53'$  W.Br.), Descabezado grande, der Enthauptete, ein abgestumpfter Kegel, 3896 m, ferner der Descabezado chico, 3300 m. M. Vogel hat das Vulkangebiet näher untersucht. Die Lavaströme des Cypressentals entspringen zwei Hügeln, Los Hornos, auf der Südseite des Azuls; sie haben die Laguna de la Invernada abgedämpft und nehmen nicht, wie Pissis glaubte, ihren Ursprung aus dem Descabezado chico. Nach den Bäumen in ihrer Nähe zu urteilen, müssen sie wenigstens einige hundert Jahre alt sein. Das aktive Zentrum der Vulkangruppe ist der Cerro Medio zwischen Azul und Descapado grande. Der Gipfelkrater des letzteren ist völlig mit Schnee erfüllt und wohl nicht mehr tätig. Auf der SW- und N-Flanke des Berges stößt man auf weitere Ausbruchspunkte, wie Volcan de Resolanta und Volcan alto de las Mulas. Vom Cerro Medio ging der große Ausbruch des Jahres 1847 26. Nov. aus, der recht beträchtliche Lavaströme geliefert hat. Eine explosive Tätigkeit wird aus dem Jahre 1849, 1907 28. Juli, 1912 Febr. und 1917, als Vogel das Gebirge untersuchte, vermeldet. April 1927 hatte der Chico nach Sapper einen Ausbruch.

Mit dieser Gruppe endet die Außenreihe der südchilenischen Vulkane. Ihre Laven sind basische Andesite, die sich den Basalten nähern. Die Vulkane sind gestaffelt, die Reihe liegt westlich der Wasserscheide. Zahllose miözäne und pliozäne Vulkanruinen konnten nicht mit aufgezählt werden. Nach Gröber beginnt mit dem Maulesee in Neuquén eine zweite innere Reihe oder Staffel. Sie folgt etwa der Wasserscheide, der Grenze Chile—Argentinien. Die Vulkane sind postglazialer Entstehung, sie sind aber im Gegensatz zur Außenreihe zunächst wenigstens von sauren Laven aufgebaut, also Liparitvulkane. Allein am Maulesee finden sich 5 bis 6 namenlose Liparitvulkane.

Dieser Reihe gehört im Departement Curico der Doppelvulkan Peteroa und Planchon an. Peteroa (3232 m, Burckhardt), (3635 m,  $35^{\circ} 12'$  S.Br.,  $70^{\circ} 36'$ , Martin), steht auf der Hauptwasserscheide. Der Vulkan hatte am 3. Dez. 1762, wie Molina berichtete, einen gewaltigen Seitenausbruch, der große Verherungen anrichtete. Er war in den Jahren 1835, 1837, 1878, 1889 Sept., 1890 Jan. tätig. Burckhardt



fand im Krater Schwefelablagerung auf dem Gletschereis. Von seinem Nachbar Planchon, 3891 m (Martin), sind Ausbrüche nicht bekannt.

Erloschen ist der Risco Plateado, 4950 m, und sein nördlicher Nachbar, der Basaltvulkan Sosneado, 4930 m (etwa 35° S.Br., 70° W.L.), und die am weitesten gegen Osten vorgeschobene Vulkangruppe von San Rafael, die im Cerro Diamante mit 3500 m kulminiert. Diese letztgenannten Berge fallen aus der Hauptreihe gegen Osten heraus und liegen im Süden der argentinischen Provinz Mendoza.

Ein anderes gegen Osten, in etwa 33° S.Br. und 66° Ö.L. vorgeschobenes Gebilde, den Morro von San Luis in Argentinien beschreibt Gerth als „Erhebungskrater“. Im Süden der Senke des Rio Conlara, zwischen Sierra de San Luis und der südlichen Sierra de Cordoba erhebt sich über einer alten Rumpffläche aus kristallinen Schiefern der kleine Gebirgstock der Sierra del Morro aus jungen Eruptivgesteinen zu 1400—1500 m Meereshöhe. Das aus der Ferne viergipflig erscheinende Gebirgsmassiv zeigt auf seiner Gipfelregion eine kreisförmige kraterförmige Einsenkung von fast 3 km Durchmesser. Der Boden der Depression liegt in 1275 m Höhe; aus ihm wachsen etwa zehn kleine Kuppen, und zwar Quellschnecken aus vulkanischen Produkten, andesitischen und trachyandesitischen Laven und Tuffen, der Tuffmantel kann auch fehlen, heraus. Das Merkwürdige aber ist, daß der Kraterwall aus Gneisen und Glimmerschiefern der Hauptsache nach besteht, vulkanische Produkte dagegen an seinem Aufbau nur untergeordnet beteiligt sind. Die Aufwölbung der alten Schiefer in Form einer flachen Kuppel, von der Gestalt einer Kugelkalotte von 20 km Radius und 6 km Basisdurchmesser, die nach ihrem Einbruch den Kraterwall erzeugte, kann nur durch vulkanische Kräfte erzeugt sein. Die Flanken des Walles werden nämlich durch junge Erosionstäler durchfurcht, das Gebilde ist somit bestimmt jünger als die Rumpffläche, es fällt zeitlich und räumlich mit der Extrusion der jungen Eruptivgesteine zusammen, so daß ein genetischer Zusammenhang bestehen muß.

Eine lakkolithische Intrusion wölbte die Schiefer zuerst auf, dann erfolgt der Einbruch der zentralen Teile der Kuppel zu dieser kraterförmigen Depression — eine Explosion kann die Caldera nicht geschaffen haben, da Tuffe in größerer Menge in der Umgebung fehlen —. Es folgte dann die effusive Phase der Staukuppen. Diese läßt sich auf die Grenze Tertiär zum Diluvium näher festlegen, denn die Tuffe des Morro liegen auf den jungtertiären roten Pampasablagerungen, die Andesite der Sierra de San Luis erscheinen als Gerölle bereits in den ältesten Diluvialterrassen. Ähnliche Gebilde wie der Morro sind in der Sierra de San Luis noch an anderen Stellen zu finden.

Der nächste Vulkan der Hauptreihe ist der Tinguiririca (Ranca-



gua), 4778 m, 34° 49' S.Br., 70° 22' W.L. (Martin), er ist nur solfatarisch tätig.

Der Overo, 4800 m, 34° 39' S.Br., 70° 0' W.L., wurde kürzlich von Kühn bestiegen, er besitzt einen Krater von 1 und 2 km Durchmesser, der mit Eis erfüllt ist.

Es folgt ein Vulkanpaar, das häufig miteinander verwechselt worden ist:

Maipu (Maipo), 5300 m, 34° 7' S.Br., 69° 52' W.L., zeigte im Sept. 1912 nach Steffen eine starke Rauchentwicklung. Ältere Ausbruchangaben beziehen sich auf seinen Nachbarn.

San José, 5880 m, 33° 47' S.Br., 69° 54' W.L., bildet ein breites Massiv. Aschenausbrüche sind bekannt: 19. Nov. 1822, 1838, 1881, ferner 1889/1890, 1895.

Die höchsten Erhebungen der Kordillere, der Tupungato, 6800 m, und der Acongagua, 7000 m, sind, wenigstens der letztere, von der Liste der Vulkane zu streichen, da sie sich nach ihrer Bezwingung nicht als Vulkane erwiesen. Der Gipfel des Acongagua besteht aus Hornblendeandesitbreccien, von oberkretazäischem Alter. Der Tupungato besitzt keinen Gipfelkrater. Aber westlich vom Tupungato erhebt sich der Vulkan Tupungatito, 5640 m, 33° 23' S.Br., 69° 49' W.L., der die Ausbrüche, die jenem zugeschrieben wurden, verschuldet hat. Er besitzt mehrere Gipfelkrater zwischen Felsen. Eine Rauchentwicklung wurde im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts beobachtet, ferner 1889/1890, 1897. Mit dem Tupungato erreicht die Innenreihe ihr Ende. Bis zur Puna klafft eine längere Lücke. Diese Gegend ist erst sehr wenig geologisch durchforscht. Es ist nach Gröber leicht möglich, daß sich hier erloschen quartäre und pliozäne saure Liparitvulkane einschieben, die morphologisch der Bevölkerung weniger auffallen und nicht als Vulkane erkannt werden. Die Boraxlager hängen mit den Lipariten zusammen und sind z. T. wohl pliozänen Alters.

Zwar werden in der Provinz Coquimbo von Hauthal der Cerro de Mercedario genannt, er liegt aber im Zuge der Acongaguakette und scheidet aus. Mercalli spricht von einem Vulkan von Coquimbo auf 30° 5' S.Br., der das vulkanische Leuchten häufiger zeigen soll; nach Sapper hat Mercalli eine allgemein gehaltene Angabe Landgrebes mißverstanden. Hauthal nennt noch einen Vulkan de Azufre, der auch im Acongaguazug liegt und wohl nicht dazu gehört.

Die patagonisch-südchilenische Vulkanzone zählt 51 Einheiten auf 19 Breitengraden.

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Effusiv tätige Vulkane . .      | 27%  |
| Explosiv tätige Vulkane . .     | 31%  |
| Solfatarisch tätige Vulkane . . | 4%   |
| Rückgangsindex . . . . .        | 38%. |



## V. Die Vulkanzone der Puna von Atakama, Boliviens und Perus.

### Die Puna.

Die Puna von Atakama ist ein Hochland von großer Durchschnittshöhe, orographisch reich gegliedert durch meridionale Gebirgsketten mit dazwischen liegenden teilweise sehr breiten Senken, unterteilt durch eine Quersattelung. Faltungszonen in Kombination mit einer gewaltigen Massenerhebung, ein in vielen Wellen aufragendes Gebirgsland, so schildert Kühn seinen Eindruck der Puna. Das Gebiet ist abflußlos und in seinem eigenen Schutt erstickt. Die ariden klimatischen Bedingungen bestanden seit der oberen Kreide. Tektonisch erweist sich die Puna als starrer, schwer faltbarer, durch Injektionen versteifter Block.

Die Vorkordillere und die pampinen Sierren treten in diesen Block ein, ihre Spuren verschwinden unter dem Schutt des Hochlands. War in den bisher besprochenen Abschnitten das lineare Element in der Verteilung der Vulkane das Herrschende, so zeigt die Puna eine außerordentliche scheinbar regellose Häufung von Vulkanen. Trotzdem sind folgende Gesetzmäßigkeiten von Penck festgestellt worden: Die Vulkane sitzen den Kulminationslinien der Gebirgssättel der meridionalen Ketten und den Quersätteln auf. Nur in Ausnahmefällen treten in den Synklinalräumen Ausbruchszentren auf, sie sind dann stets allerjüngsten Datums.

Die Westgrenze der Puna fällt mit der Kammlinie der West- oder Hauptkordillere, der interozeanischen Wasserscheide zusammen. Diese besteht im wesentlichen aus Sedimenten und vulkanischen Bildungen des Mesozoikums. Sie nimmt zwischen  $68^{\circ}$  und  $69^{\circ}$  W. L. einen flach sigmoiden Verlauf. Der Südrand zweigt sich im Cerro Colanguil in  $30^{\circ}$  S. Br. von der Hauptkordillere ab und folgt abwechselnd meridionalen und O-W-Strecken bis  $28^{\circ}$  S. Br., wo er die Famatinakette erreicht. Charakteristisch für den Verlauf der Grenze ist das wiederholte Überspringen auf die nächste Parallelkette auf einer Quersattelung. Südöstlich folgt sie dieser Kette bis  $27^{\circ}$  S. Br. und springt südlich der Laguna blanca auf die nächste östlichere Kette über. Die Ketten des Chango Real, Hombre muerto, die östliche Hauptkordillere mit den Nevados de Cachi, dann im Querriegel des Acay überspringend, die Berge im Osten der Saline grande unter  $65^{\circ} 30'$  W. L. bilden bis  $23^{\circ}$  S. Br. die Grenze. Nun springt sie wieder längs einer Quersattelung gegen Westen und erreicht in den Cerros de Granadas die Kordillere Real de Bolivia, der sie weiter über den Chorolque, Michaga, Asanaque, Oruro zur Quimsa-Cruz-Illimani-Kordillere folgt. Die Nordgrenze steht nicht so sicher fest, ist aber nördlich vom Titicacasee etwa in  $14^{\circ} 30'$  S. Br. zu suchen. Während weiter nördlich in Südperu die Quellflüsse des Amazonasstromes bis zur Ostabdachung der Westkordillere vorrücken, sammelt der Titicacasee von da an das Wasser und führt seinen Überschuß durch den Rio Desaguadera in den



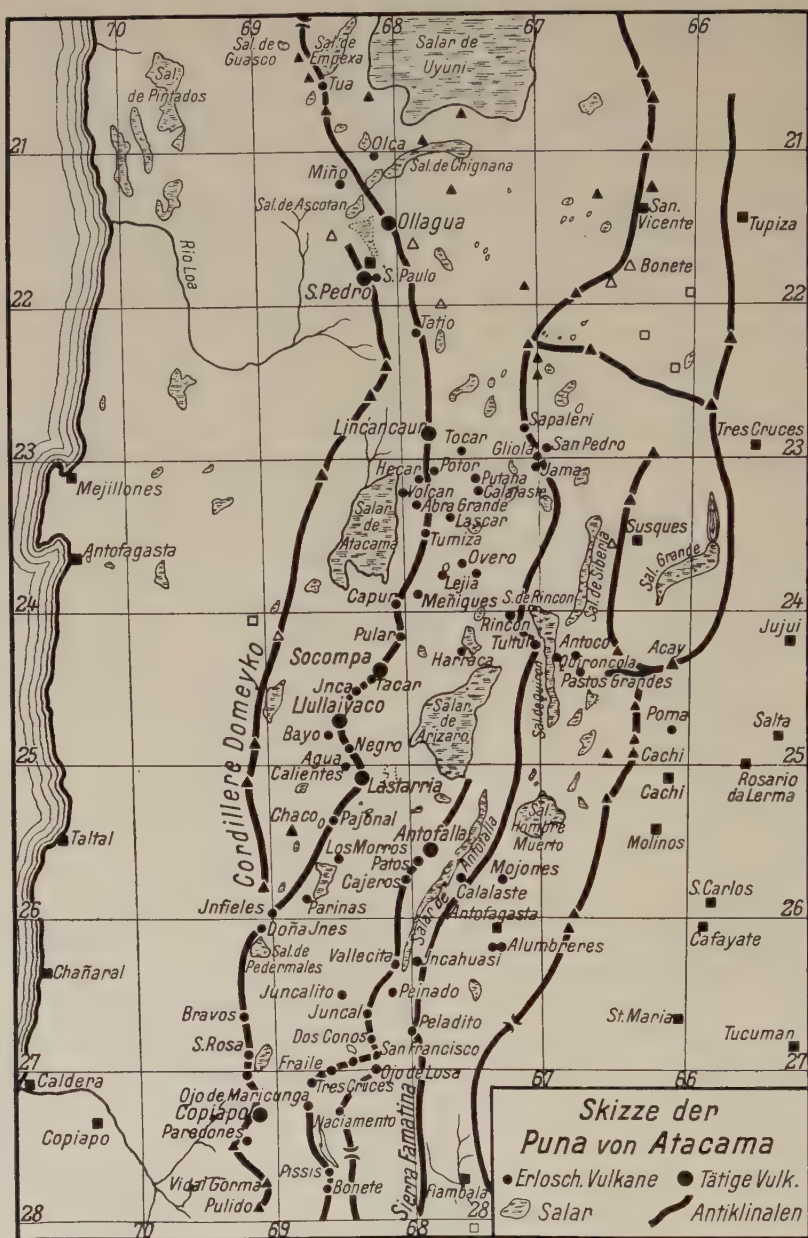


Abb. 22.

Poopósee, wo es in den Salaren der Verdunstung anheimfällt. Diese Wasserscheide ist die Nordgrenze des abflußlosen Hochlands von Bolivien.

Es ist nicht leicht, die Verteilung der Punavulkane zur Tektonik des Untergrundes in Beziehung zu bringen, einmal, weil nähere Angaben über



diese entlegene, schwer zugängliche Gegend nur spärlich fließen und die Positionen der Berge oft sehr ungenau, z. T. widerspruchsvoll sind, oft sind nur Namen allein bekannt. Die Schuttbedeckung steht einer klaren Erfassung tektonischer Linien hindernd im Wege. Bei der großen Zahl der Vulkane ist es auch unmöglich, alle selbständigen Zentren auch nur einigermaßen zu erfassen.

### 1. Die Westkordillere.

Nach einer längeren Lücke beginnt die Vulkankrönung der Westkordillere mit ihrem Eintritt in die Puna. Als ersten sicheren Vulkan nennt Hauthal den Fierro, 5000 m,  $29^{\circ} 20\frac{1}{2}'$  S.Br.,  $69^{\circ} 41'$  W.L. (Brackebusch). Es folgten Flecha, 5750 m,  $28^{\circ} 40\frac{1}{2}'$  S.Br.,  $69^{\circ} 55\frac{1}{2}'$  W.L.; Réclus, 5867 m,  $27^{\circ} 51'$  S.Br.,  $69^{\circ} 38'$  W.L. (Martin); Gallina, 5000 m,  $27^{\circ} 49'$  S.Br.,  $69^{\circ} 3'$  W.L.; alle diese Berge sind erloschen.

Der Vulkan von Copiapó (Lastarria, Cerro de Azufre), 5680 m,  $27^{\circ} 36'$  S.Br.,  $69^{\circ} 14'$  W.L., ist nach Hauthal solfatarisch tätig. In der Nähe der Laguna de Maricunga finden sich weitere Zentren, Vulkan Toro, Ojo de Maricunga, 5500 m, und La Coipa, ihre Laven sind von mir als hornblendeführende Pyroxenandesite, Dazite und Liparite bestimmt worden. Liparitische Obsidianbomben in der Laguna (vgl. Analyse S. 401) zeigen, daß diese Vulkane zum Typus der jüngeren Nevados gehören, die sich über dem oberen Punarumpf aufbauen und ihre Haupttätigkeit im Quartär hatten. Das gleiche gilt von der Santa-Rosa-Gruppe,  $26^{\circ} 57'$  S.Br.,  $69^{\circ} 15'$  W.L.

Hauthal nennt den Bravos, 6060 m,  $26^{\circ} 43'$  S.Br.,  $69^{\circ} 14'$  W.L. (Darapsky). Nördlich des Salar de Pedernales erhebt sich der schlanke Kegel der Dona Inés, 5200 m,  $26^{\circ} 5'$  S.Br.,  $69^{\circ} 12'$  W.L. (Darapsky), ebenfalls ein diluvialer Kegel. Der Reihe fügen sich ein, der Cerro Infieles, 4800 m, am Salar gleichen Namens und der Chaco, 5300 m,  $25^{\circ} 17'$  S.Br.,  $68^{\circ} 46'$  W.L., der Lastarria (Vulkan de Atakama, Cerro de Azufre), östlich vom Salar Pajonales, 5680 m,  $25^{\circ} 11'$  S.Br.,  $68^{\circ} 33'$  W.L. Darapsky beobachtete eine schwache solfatarische Tätigkeit. An seinem Fuß befindet sich ein etwas älterer Krater mit verjüngtem Kegeleinsatz, El Crater. Von 5000 m an bauen saure Laven von trachytischem Aussehen den Gipfel des Berges auf. Er gehört zu den diluvialen vulkanischen Gebilden. Nördlich von ihm liegt die Laguna del Volcan, 4112 m (Darapsky). Auf ihrem Kraterrand hat sich Schwefel abgesetzt, an verschiedenen Stellen puffen Wasserdämpfe stoßweise hervor.

Unbedeutend ist der Cerro Bayo, 5300 m, und Cerro de la Punta Negra, 5600 m, östlich vom Salar gleichen Namens. Als höchster Berg der Puna erreicht der majestätische Llullaillaco, nach der trigonometrischen



Messung von Bertrand 6600 m, 24° 44' S.Br., 68° 33' W.L. Der regelmäßig geformte Berg zeigt Nebengipfel im Südwesten und Westen, die vielleicht Reste eines alten Calderarandes andeuten. Im Norden erkennt man zwei schwarze Obsidianströme. Ein pechsteinartiger Erguß ragt in die SO-Ecke des Salars de Punta negra herein, daher der Name (Darapsky). Die Tätigkeit des Vulkans ist schwach, 1854 sah ihn Phillippi rauchen.

Zwischen Llullaiyaco und Socompa nennt Hauthal eine Anzahl von Bergen, die sich nicht näher lokalisieren lassen, wie Cerro Gordo, 5400 m, Inca, 5500 m, Tecar, 5600 m, Cerro Blanco, 5500 m.

Der nächste große Vulkan ist der Socompa, 6080 m, 24° 26' S.Br., 68° 19' W.L. Der Berg wurde 1905 von Reichert erstiegen. Von seinen Flanken kommen zwei 1½ km lange Lavaströme nach Norden und Osten herab. Der letztere entspringt in 4600 m Höhe. Der Gipfel erhebt sich über einer hohen Terrasse aus rot gefärbten, porösen, bimsteinartigen Massen, in 5300 m. Der Gipfelkrater ist zerstört, wenige Meter unter dem Altare des Südgipfels schleuderten intermittierende Dampfexhalationen kochendes Wasser in die Höhe. Die ganze Gegend ist reich an Thermen (Aguas calientes).

Die Zone verläuft weiter über den Pular, 6340 m, 24° 12' S.Br., 68° 8' W.L., Harracar, 6050 m, Salin, 4800 m, Capur, 5260 m, 24° 5' S.Br., 67° 52' W.L. (Darapsky), Overo, 5730 m, Meñiques, 5900 m, 23° 51' S.Br., 67° 20' W.L.

Im Osten der großen Saline de Atacama ist die Vulkanhäufung eine besonders große. Zur Hauptreihe zählen: Lejia, 5650 m, 23° 39' S.Br., 67° 47' W.L., Tumiza, 5670 m, 23° 28' S.Br., 67° 53' W.L., Barrial, 5100 m. Erst der hohe Lascar (Illascar, Toconado), 5870 m, 23° 21' S.Br., 67° 41' W.L., ist wieder tätig. Philipp berichtet von einem großen Ausbruch 1848, er sah ihn am 30. Jan. 1854 rauchend, zuletzt 1858. Den Zug der Kordillere bezeichnen weiter die Berge Abra grande, 6150 m, Volcan, 5600 m, Hecar, 5540, 23° 4' S.Br., 67° 52' W.L., Colache, 5670 m, 23° 10' S.Br., 67° 36' W.L., Putana, 5230 m, 23° 8' S.Br., Honar, 5460 m, Potor, 5500 m, 23° 5' S.Br., 67° 45' W.L., Tocar, 5620 m, 22° 57' S.Br., 67° 40' W.L.

Der schöne, regelmäßige, steile Kegel des Licancaur oder Vulkan von Atacama, 6000 m, unter 22° 45' S.Br., 67° 20' W.L., zeigte nach Ochsenius 1877 schwache Tätigkeit.

Mit dem Verlassen der eigentlichen Puna de Atacama — man rechnet sie gewöhnlich bis zum Rio Loa — lichtet sich die Reihe. Sie beginnt mit dem Tatio, 22° 27' S.Br., 67° 58' W.L. Das nächste Zentrum sind die Zwillingsvulkane San Pedro und San Paulo, ersterer liegt unter 21° 57' S.Br., 68° 19' W.L. und ist 5700 m hoch. Explosive Ausbrüche sind be-



kannt geworden: 1877, 1901 Mai bis August, 1911 Nov. strombolianisch mit einer Periode von 2 Minuten.

Ungeheure Massen von Lava finden sich an den Flanken des Berges. Auch der Ollagua (Oyagua), 5865 m,  $21^{\circ} 31'$  S.Br.,  $68^{\circ} 17'$  W.L., ist solfatarisch tätig. Nach Hauthal ist er postglazialer Entstehung.

Es folgen Cerro Miño, 5520 m, in  $21^{\circ} 17'$  S.Br. und  $68^{\circ} 39'$  W.L., Aca, 5640 m, Cerro Tua, 5873 m hoch,  $20^{\circ} 36'$  S.Br.,  $68^{\circ} 27'$  W.L., Vulkan Lirima,  $19^{\circ} 50'$  S.Br.,  $68^{\circ} 30'$  W.L., und Tata-Yachura. Tätig ist der Isluga, 6190 m,  $18^{\circ} 46'$  S.Br.,  $69^{\circ} 57'$  W.L.; Ausbrüche werden vermeldet: 1863 Aug., 1869 Aug., 1878 Febr., 1911, 1913; desgleichen der Vulkan Tutupaca, ca. 5580 m,  $16^{\circ} 53'$  S.Br.,  $70^{\circ} 20'$  W.L., er hat nach Soldan am 30. März 1802 einen großen Aschenausbruch gehabt, der Wind trieb die Asche 5 Monate lang nach Arequipa und Tacna bis 1200 km Entfernung (Sapper), 1859 sah ihn Forbes rauchend. Yucamani, etwa 5400 m, ist seit dem Ausbruch von 1787 völlig erloschen, ebenso der Tiesane, 5360 m. Huallatiri (Guallatiri), 6693 m,  $17^{\circ} 34'$  S.Br.,  $68^{\circ} 53'$  W.L., fördert im Anfang des vorigen Jahrhunderts häufiger Asche und Dämpfe, der letzte Ausbruch fand 1913 statt.

Sajama, 6015 m,  $18^{\circ}$  S.Br.,  $68^{\circ} 48'$  W.L., ist ein diluvialer Vulkan, ein sehr regelmäßiger, abgestumpfter Kegel mit vorherrschend dazitischen Laven (vgl. Analysen S. 407).

Pentland nennt zwischen  $19^{\circ} 20'$  und  $18^{\circ}$  S.Br. noch drei weitere Vulkane, Chungara, mit einem abgestumpften Kegel und großem solfatarisch tätigem Gipfelkrater, den chimborazoähnlichen Domberg Parinacota, 6376 m,  $18^{\circ} 15'$  S.Br.,  $69^{\circ} 12'$  W.L., und den gestreckten Rücken Anacloche oder Anallache, 5639 m.

Die Vulkangruppe des Tacora besteht aus dem Tacora, 6058 m, solfatarisch tätig, Chipicani, 5920 m, Quiñata, 5720 m, Caracarani und Taapaca, 5835 m. Sie liegt etwa in  $17^{\circ} 50'$  S.Br.,  $69^{\circ} 46'$  W.L. Die Eruptionen sind mit abnehmendem Alter: saure Rhyolithe und Tuffe mit Biotit, Hornblendetrachyte und Trachyandesite und als jüngste Pyroxenandesite und Basalte.

Zur Tacoragruppe zählt Stübel noch Cachacomani und Huarahuara.

Ein Vulkan, Andahua, weiter nördlich, hat nach Sapper am 6. März 1913 einen Ausbruch gehabt, er soll bereits zur Incazeit tätig gewesen sein. Omate (Guayta, Huayna Putina), 5300 m,  $16^{\circ} 37'$  S.Br.,  $70^{\circ} 54'$  W.L., besitzt einen großen Krater. Er war explosiv tätig am 19. Febr. 1660, verheerender Aschenausbruch, der das Dorf Quimistaco unter 15 m Asche begrub; ferner 1667, 1752? An seinem Fuß mächtige Travertinablagerungen (Gröber).



Ein bekannter Vulkan ist der Ubinas, 5410 m,  $16^{\circ} 10'$  S.Br.,  $70^{\circ} 47'$  W.L., ein schneefreier Kegel mit größerem Gipfelkrater. In 3900 m umgibt ein diluvialer Moränengürtel den Berg. Er ist also in der Eiszeit ein Zentrum der Vergletscherung gewesen.

Der Vulkan hatte im 16. Jahrhundert starke Aschenausbrüche, ein großer explosiver Ausbruch fand am 28. Mai 1867 statt. Er ist noch in den letzten Jahren in Tätigkeit, wenigstens solfatarisch.

Pichu-pichu, 5070 m,  $16^{\circ} 17'$  S.Br.,  $71^{\circ} 20'$  W.L., ist ein kürzerer Rücken, ihm gegenüber liegt das Massiv Chachani, 6100 m,  $16^{\circ} 5'$  S.Br.,  $71^{\circ} 30'$  W.L.

Der bekannteste Vulkan des ganzen Abschnittes ist der Misti, 6300 m,  $16^{\circ} 17'$  S.Br.,  $71^{\circ} 24'$  W.L. (Vulkan von Arepiqua oder Guagua-Putina), ein sehr vollkommener postglazialer Kegel mit mehreren Krateröffnungen. Ausbrüche: 1600?, 1784?, 1826, 1830 Aug. Aschenausbruch, 1869 Sept. Sonst leichte Fumarolentätigkeit, seine Lava ist sauer.

Vielleicht der höchste Vulkan Südamerikas ist der Ambatu (Anipato Ampato), 7000 m,  $15^{\circ} 50'$  S.Br., ca.  $72^{\circ}$  W.L., der Berg ist sehr wenig bekannt. Unter ca.  $15^{\circ} 30'$  S.Br. folgt der Sarasara, 5000 m (Hautthal). Mehrgipflig ist der Coropuna, 6615 m (Bowman),  $15^{\circ} 30'$  S.Br.,  $72^{\circ} 40'$  W.L., und der Solimana, 6318 m,  $15^{\circ} 20'$  S.Br.,  $72^{\circ} 57'$  W.L.

Damit endet die Reihe der diluvialen Vulkane der Westkordillere.

## 2. Die interandine Region.

An die Westkordillere schließt sich gegen Osten die erste Synklinale an. Die Synklinale sind durch abflußlose Becken mit Salzauskristallisationen erfüllt, die sich durch die Quersattelung in Beckenreihen auflösen. Salare oder Lagunen werden sie genannt. Die Ausblühungen bestehen hauptsächlich aus Natriumsalzen, Chloriden, Karbonaten und Sulfaten, von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung sind Salpeter und die Borate.

Der Verlauf der 1. Synklinale wird durch die Becken angezeigt: Laguna de Maricunga, 3800 m, Salar de Pedernales, 3330 m, Salar de Infieles, 3498 m, Salar de la Isla, 3230 m; von den zahlreichen Lagunen in dieser Gegend seien noch genannt Salar de los Morros, 3708 m, Salar del Rio Grande, 3553 m, Salar de Challacarhua, 3703 m, und das große Salar de Arizaro, 3653 m. Sehr viel weiter im Norden unter  $20^{\circ}$ — $21^{\circ}$  S.Br. dehnt sich der große Salzsumpf der Pampa de Sal, im Osten der Westkordillere und östlich vom Isluga, etwa  $19^{\circ}$  S.Br., der Coipasasee.

An diese Depressionslinie schließt sich eine zweite meridionale Antiklinale an, die wieder Vulkane trägt. Es sind das meistens Nevadoberge des älteren Typus, die von der oberen Punarumpffläche, der Hochterrasse, gekappt werden und im Pliozän im wesentlichen sich aufbauten. Das lineare



Element ist weniger ausgeprägt, die Vulkane der Quersattelungen sind gewöhnlich jüngeren, diluvialen Alters.

Diese Reihe beginnt im Süden mit dem Potro, 5850 m, etwa 28° 19' S.Br., 69° 25' W.L., der Berg trägt einen Gletscher. Der nächste Vulkan

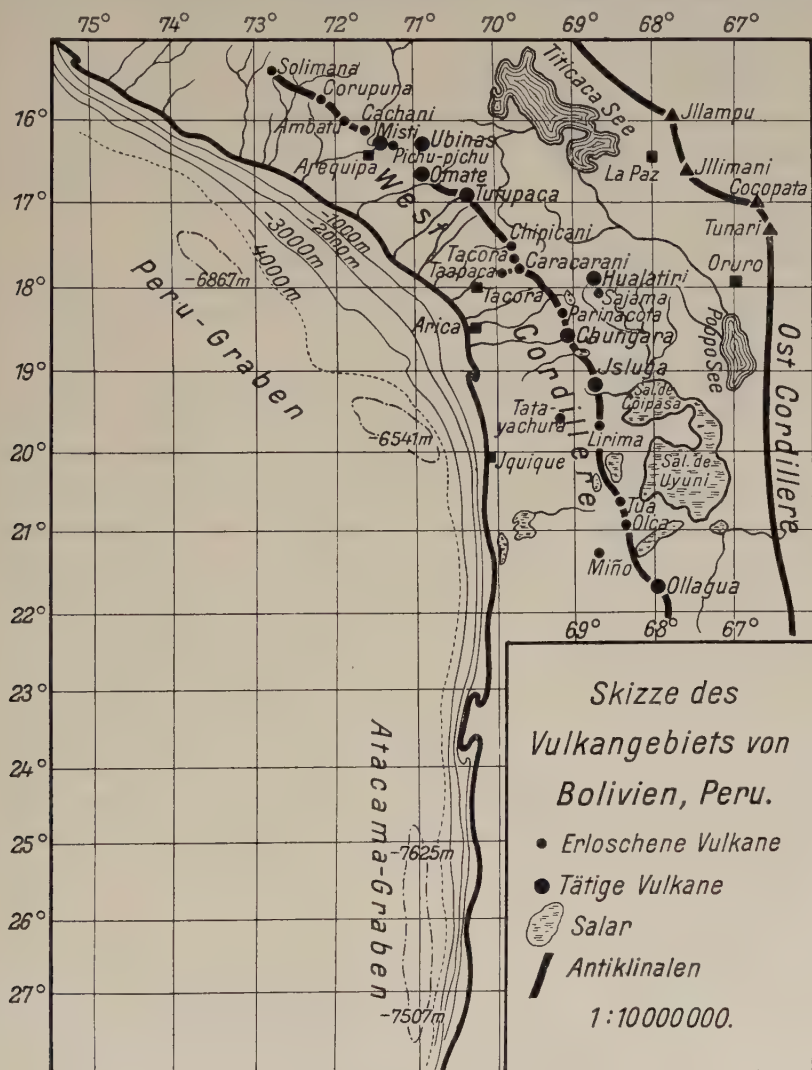


Abb. 23.

ist der Fandango, 5000 m, 28° 11' S.Br., 69° 16' W.L., dann Cerro Veladero, 6400 m, 28° 4' S.Br., 69° 16' W.L.

Den Cerro de Bonete, 6400 m, 27° 51' S.Br., 68° 52' W.L., hat Penck näher untersucht, er kann als Muster der älteren Nevadoberge gelten. Der Untergrund besteht aus stark gefalteten devonischen Ton-



schiefern, über die sich, durch die Verebnungsfläche des Punarumpfes getrennt, helle andesitische Tuff- und Lavabänke legen. Im Westen über dem Jagueltal werden diese Laven von grobkörnigem Andengranit durchbrochen. Der Kegel des Vulkans baut sich aus Andesitbreccien und Laven auf. Die zertalte Abtragungsfläche der Hochterrasse, oberer Punarumpf, steigt sanft zum Gipfel des Bonete und kappt ihn. Der Berg stellt heute ein zackiges Hochgebirge ohne Krater dar. In seinem Gipfel sind Kare eingesenkt. Der Vulkan ist prädiluvial, erloschen und bereits stärker zerstört. Sein nördlicher Nachbar Mt. Pissis,  $27^{\circ} 40'$  S. Br.,  $68^{\circ} 47'$  W. L., ist tief zerschnitten und trägt ein ansehnliches Firnfeld. Er gehört dem gleichen Typus an.

Es folgen weitere ältere Nevadoberge auf der Westseite der Tres-Quebrada-Schlucht, der Nevado Tres Cruces (Wheelwright), 6800 m,  $27^{\circ} 5'$  S. Br.,  $68^{\circ} 49'$  W. L., mit einem Kar auf der Ostseite in 5500 m Höhe, und der Vulkan, westlich der Laguna Verde, 5820 m. Leider schließt die Pencksche Karte nicht an die Karte von Darapsky an, so daß sich die Positionen der Berge nicht mit der gewünschten Sicherheit angeben lassen. Dem Zuge gehören der Cerro Juncal, 6150 m, und der Volcan de Agua Negra an. Südlich vom Salar de Piedra Parada erhebt sich der Juncalito (Volcan de la Piedra Parada), 5600 m, nordwestlich der Panteon d'Aliste, in  $26^{\circ} 17'$  S. Br. und  $68^{\circ} 51'$  W. L., nordöstlich liegt der Cerro de la Laguna Brava und am Westrand des Salar de Antofalla der Cerro Vallecito. Eine sehr charakteristische Gestalt hat der Doppelvulkan Los Morros (Parrinas), 5400 m, nördlich der Laguna de las Parrinas.

Halbkreisförmig umgeben im Süden den großen Vulkan von Antofalla Cerro Chibarca, Cerro de los Patos, 5720 m, Cerro Cajeros, 5700 m, und der Cerro de la Aguada (Cerro Botijuelas), 5800 m. Alle diese Berge sind wohl prädiluvial erloschen, obschon über ihren Bau nichts Näheres bekannt ist, bezeichnend ist die Benennung Cerros im Gegensatz zu Volcan.

Ein aktives Zentrum dieser Antiklinale ist der Volcan de Antofalla, 6100 m,  $25^{\circ} 35'$  S. Br.,  $67^{\circ} 55'$  W. L., ein zackiges Massiv. Über einem Saum von grauen und roten, mit Bomben durchspickten Tuffen bis 4000 m breitet der Vulkan Bimssteinbreccien mit Obsidianscherben nach Darapsky aus. Die für das Quartär charakteristischen, sauren, liparitischen Laven setzen auch diesen jüngeren Nevado zusammen. Die vulkanische Tätigkeit ist äußerst schwach, gelegentlich stößt er Dampf Wolken aus. Am Westrand des Antofallasalars aber fand Kühn bei Botijuelas einen erloschenen Geisir mit Sinterterrassen und Sinterkegeln wie im Yellowstonepark. Die erloschenen Vulkane der Sierra Antofallita sind die nördlichsten Vorposten dieser Zone.



Es folgt gegen Osten eine dritte Synklinallinie, dieser Zone gehören von Süden nach Norden an: die Senke des Rio Jagual, 3200 m, in 28° S.Br., die sich in die Tres-Quebrada-Schlucht, 4100 m, fortsetzt. Das nächste Becken ist die Laguna Verde, 4300 m.

Eine zweite Tiefenlinie füllt das Tal des Rio Chaschuil aus, der in 3100 m Höhe die Famatinakette durchbricht. Beide Senken, durch Quersattel abgeriegelt, weisen die Richtung zu der langen Depression der gestreckten Lagune de Antofalla, 3307 m. Zwischen 25° und 24° S.Br. rückt die Wannenreihe etwas weiter nach Osten und folgt dem 67. Längengrad über Saline de Quiron, 3650 m, Saline Rincon, 3850 m. Von 24° bis 23° springt die Tiefenlinie nach Osten auf die Laguna de Siberia, 3900 m, über, weiter nach Norden reihen sich an Laguna de Vilapa und endlich zwischen 20° und 18° S.Br. die Laguna Pampa Aullagas, die Depression Rio Desaguadero und der Titicacasee.

Zwischen der Tres-Quebrada-Senke und dem Chaschuiltal umgeben die älteren Nevadovulkane des Portillopasses in einem Bogen die sekundäre Senke des Naciamentotales und riegeln gegen die Laguna Verde ab. Auf dem Riegel steigen jüngere Nevadovulkane zu großen Höhen, so der Vulkan Fraile, 6344 m, 27° 2' S.Br., 68° 30' W.L., er besteht aus dunklen Andesiten. Sein östlicher Nachbar ist der jüngere Nevadovulkan Ojo de Lozas, 6600 m (Penck). Die Kegelform des Gipfelberges ist noch gut erhalten, er steigt über die pliozäne Hochterrasse, sein Krater ist firnerfüllt, an seinem Rand hat sich solfatarischer Schwefel abgesetzt. Der Unterbau bildet die westlich einfallende Punarumpffläche mit weißen Basistuffen. Darüber legen sich ebenfalls gestörte dunkle Andesitlaven. Der diluviale Kegel besteht aus Andesitbreccien und Laven.

Zwischen der Laguna Verde und dem oberen Chaschuiltal schieben sich die jüngeren Nevados de San Francisco ein, 6080 m, 26° 56' S.Br., 68° 9' W.L. Der Aufbau ist der gleiche, alle diese Berge sind diluvial erloschen.

### 3. Ostkordillere.

Den Eintritt der Famatinakette in die Puna bezeichnet der Vulkan Peladito (Cerro Negro muerto), 5900 m, 26° 43' S.Br., 68° 4' W.L., eine prädiluvial erloschene Vulkanruine, die sich über einer 5000 m hohen, bastionartig vorspringenden Terrasse aus Konglomeraten, dunklen Andesitbreccien und Tuffen erhebt.

Ein besonders interessanter Ausbruchspunkt ist der Cerro Blanco, 5000 m, 24° 44' S.Br., 67° 49' W.L., in der Nachbarschaft. Über einer gestörten Folge von glaukonitreichen Tuffen, mächtigen, mit Laven wechsellagernden Tuffen und Hornblendeandesiten thront auf der Höhe des zweiten Reliefs der schneeweiße Liparitkegel des Cerro Blanco mit



vier wohl erhaltenen Krateröffnungen auf dem Gipfel. Die Flanken sind mit Bimssteintuffmassen übergossen, die durch Explosionen gefördert wurden, die hier ihren Ursprung nahmen. Das Verbreitungsgebiet der Bimssteinbrocken reicht über den Südrand des Carachapambabeckens. Der Ostwind trug sie über die Famatinakette zum San-Francisco-See, wo sie auf den jüngsten Basaltströmen liegen. 1883 brachen von Norden gewaltige Wassermassen in den Bolson von Fiambala ein und verschwemmten den Bimsstein bis Tinogasta. Penck führt dieses Ereignis auf eine Explosion des Vulkans zurück. Der Ostwind hat den Bimsstein nach Westen bis in die Alumbfragegend getragen.

Einer ähnlichen Explosion verdanken die Bimssteinschichten von Anillaco im Bolson de Fiambala ihre Entstehung, in denen der Rio Abaucan einen 10—20 m tiefen, über 40 km langen Kanal gegraben hat.

Verfolgt man die Antiklinallinie nördlich des Nevado de San Francisco weiter, so stößt man auf den älteren Nevado Dos Conos, 5900 m, 26° 48' S. Br., 68° 13' W. L., und weiter auf den Peinado, 5800 m, 26° 30' S. Br., 68° 5' W. L.; Hauthal erwähnt noch in dieser Gegend drei weitere Vulkane, Mortrero, 6000 m, Volcan, 5660 m, und Bertrand, 5400 m, die sich nicht genauer lokalisieren lassen. Weiter verläuft diese Antiklinalzone am Ostrand der Laguna de Antofalla. Hier fand Darapsky Tonschiefer, die als weitere Spuren der Famatinakette angesprochen werden können. Die Vulkane dieses Ostrandes sind erloschen, es sind: Incahuasi, 6620 m, 26° 56' S. Br., 67° 58' W. L., Calalaste, 5350 m, 25° 42' S. Br., 7° 37' W. L., und etwas weiter nach Osten der Doppelvulkan Los Mojones, 5500 m, 25° 40' S. Br., 67° 27' W. L. Über den Cerro de Aguas calientes, 4500 m, läuft die Antiklinale westlich von der Saline de Quiron zum Cerro Tultul, 5200 m, in 24° 10' S. Br., 67° 8' W. L., und weiter zum Cerro Rincon, 5450 m, 23° 57' S. Br., 67° 20' W. L., westlich der Saline Rincon.

Ein deutlich meridional verlaufender Vulkanzug erscheint am Ostrand der beiden genannten Salinen. Hauthal nannte ihn die Sapalerireihe. Sie beginnt mit dem Nevado de Pastos grandes, einem 6300 m hohen, mit Firn bedeckten vulkanischen Massiv in 24° 26' S. Br., 66° 46' W. L. und führt über den Quironcolo, 5400 m, an der Saline de Quiron (Hauthal), Antoco, 6000 m, 24° 19' S. Br., 66° 46' W. L., zum Jama, 5150 m, 23° 11' S. Br., 67° 5' W. L., Gliola, 5600 m (Hauthal), San Pedro, 5700 m, 22° 57' S. Br., 66° 59' W. L., und endlich zum Sapaleri, 5850 m, 22° 47' S. Br., 67° 10' W. L.

Längs der Ostflanke des Sapalerizuges erstreckt sich die längliche Saline de Siberia, die wieder im Osten durch eine Kette flankiert wird, welche nordwestlich vom Minenort San Antonio, zwischen 24° und 23° S. Br. meridional verläuft und im Cerro Granadas an die Kordillere Real



de Bolivia Anschluß gewinnt. Sie ist vermutlich ein Verbindungsglied mit der Famatinakette des Südens, doch müssen geologische Untersuchungen erst erweisen, ob die hier vermutete Linienführung zu Recht besteht.

Die nächste große Synklinallinie ist vom Bolson de Fiambala, 1500 m, über das Becken von Carachapamba, 3100 m, zur Wanne von Antofagasta de la Sierra, 3400 m, zu ziehen und geht von da zur Saline Hombre muerto, 3975 m, Saline Pozuelos, 3870 m, Saline Pastos grandes, 3800 m, nach der Saline grande. Hiermit sind die östlichen Randgebiete des Punablocks erreicht.

Was die vulkanischen Erscheinungen des Südrandes betrifft, so wird der Bolson de Fiambala gegen das Carachapambabecken durch den miozänen Andesitvulkan des Cerro Azul, 5000 m, abgeriegelt.

Auf die Zentralgneise des Tolarcito-Cerro-Negro-Massivs legen sich über die Punarumpffläche die Pyroxenandesite des Azul, die als Äquivalente der Punaschichten aufgefaßt werden müssen, sie sind durch die zweite Gebirgsbewegung gestört. Die ehemaligen Vulkanformen kommen im Relief nicht mehr zum Ausdruck; über diesem Relief liegt der rötliche Bimssteintuff.

Die Sierra de Fiambala, welche den Bolson im Osten begrenzt, wird durch den Lajasbruch vom Cerro Fraile getrennt, der in eine Beckenreihe Laguna Helada, Laguna colorada, Laguna pasto ventura und im Westen Laguna Parique ausläuft. In diesen Becken stößt man auf allerjüngste Spuren des Vulkanismus, die im Gegensatz zu der antiklinalen Lage der Ausbruchspunkte, in Synklinalgebieten zum Durchbruch gelangten und daher basaltischer Natur sind. In der Laguna de Helada liegt über den Punaschottern ein frischer Pyroxenandesit, der zum Basalt hinneigt und der noch vor der zweiten Gebirgsbewegung emporgedrungen ist, also im Pliozän. Noch jünger sind die Basalteruptionen des Pasto-Ventura-Beckens.

Den Punaschottern sind nach Penck junge Basaltkegel mit wohl erhaltenen Formen aufgesetzt. Blocklaven entquollen ihrem Sockel und breiteten sich kuchenförmig über das Gelände. An den Kratern zeigen sich die ersten Spuren der Zerstörung. Ihr Alter ist diluvial oder jünger. Die jüngsten Gebilde aber sind zwei Maare, sie sind in den gefalteten Punasandstein eingesenkt. Das eine liegt unterhalb der Barrancasquelle und ist mit einem kreisrunden Süßwassersee gefüllt. Das zweite liegt nördlich davon und besteht aus einem 100 m tiefen Loch mit den Durchmesser 500 und 300 m. Die Basaltkegel des Pariquibeckens nehmen eine gleiche Stellung ein.

Am Ostrande des Carachapambabeckens erhebt sich El Peñon, 4200 m, 26° 26' S. Br., 67° 20' W. L., auf der Brakebusch'schen Karte, er scheint mit dem Vulkan von Carachapamba identisch zu sein.



Im Antofagastabecken erscheinen nach Kühn wieder jugendliche Basalteruptionen und bauen die beiden Vulkane Alumbra und Morro auf. 200 m über der Stadt im Süden steigt der Alumbra, 3690 m, aus einem Felde schwarzer zerrissener Blocklava auf. Er bildet einen abgestumpften Kegel aus Lockerprodukten mit einem schätzungsweise 100 m tiefen Kratertrichter, der mit haselnußgroßen Lapilli erfüllt ist. Am Kraterrand schillern Schwefel, Ocker und Alaunanflüge in den buntesten Farben, sein Nachbar Morro ist nur 5 km entfernt.

Ähnliche, sehr junge basaltische Ausbrüche — sie scheinen auf den östlichen Rand beschränkt zu bleiben — hat Kühn bereits außerhalb des Punabereichs im Chachuital bei Poma, 24° 43' S.Br., 66° 1' W.L., beschrieben. 6—7 km SO von Poma erhebt sich an der östlichen Talwand der Doppelkegel El Volcan. Der südliche Kegel ist 3500 m hoch, 300 m über der Talsohle. Er besteht in seinen untersten Teilen aus schrägen, gelben, breccienartigen Tuffschichten, darüber baut sich ein Aufschüttungskegel von 35° Neigung aus losen himssteinartigen Auswürflingen von schwarzer Farbe auf. Der höhere nördliche Kegel, 3590 m, besteht aus Blocklava in zusammenhängenden Massen und Verwitterungsschutthalden. Die Gipfelkrater sind bis auf flache elliptische Depressionen zerstört, zwei poröse Blocklavaströme fließen 600—800 m weit ins Vorland. In der steilwandigen Erosionsschlucht zwischen beiden Bergen ist noch nachträglich ein frischer Fladenlavastrom ausgeflossen. Eine Erinnerung an eine Tätigkeit der Vulkane besteht jedoch bei den Eingeborenen nicht mehr, doch ist das Gebiet noch heute eine Zone regster seismischer Tätigkeit.

## VI. Das ecuatorianisch-columbische Vulkangebiet.

Etwa vom 15° S.Br. klappt in der Reihe der jungen Vulkane eine lange Lücke. Die Westkordillere zeigt in Mittel- und Nordperu die gleichen Merkmale und besteht aus gefalteten mesozoischen Schichten mit Porphyriteinlagerungen, tertiäre Andesite und Andengesteinsintrusionen fehlen dabei nicht. Vom Cerro de Pasco, 10° 30' S.Br., ab, tritt eine Teilung in mehrere Kulissen ein. Am weitesten gegen Osten vorgerückt erscheint die Cordillera de Huayhuash; das Tal des Rio Santa trennt zwei Kulissen der Westkordillere, die „Cordillera Blanca“ im Osten und „Cordillera Negra“ im Westen. Erstere erreicht im Huascarán eine Höhe von 6753 m.

Mit der Scharte von Tarica in 8° 30' S.Br. tritt eine erhebliche Verflachung des Gebirges ein, so daß in Südecuador die Westkordillere fast bis zum Verschwinden zurücktritt.

Die Ostkordillere mit den gleichen Merkmalen, wie sie S. 314 aufgestellt wurden, ist in der Fortsetzung der Illimani-Illampu-Kette über die Cordillera de Vilcapampa, auch hier sind die Höhen noch sehr bedeutend, durch Peru bis nach Ecuador zu verfolgen. In Nordperu tritt zwar auch



eine Verflachung des Gebirges ein, die der Marañon in der Querdepression des Pongo de Manseriche zum Durchbruch nach Osten benutzt.

Auf lange Strecken ist der Marañon in Nordperu die Grenze zwischen den West- und Ostkordilleren. Das interandine Gebiet trägt z. T. den Charakter von Hochflächen, wie die Puna von Atacama und Bolivien, z. T. stellen sich Senken und interandine Mulden oder Becken ein. Die Titicacaseen senke setzt sich in der Tiefenlinie von Sicuani bis Cuzco fort, sie ist in die Ostkordillere eingesenkt. Eine Hochfläche ist die Pampa de Anta, die nach Gerth einer diluvialen Auffüllung ihre Entstehung verdankt und in jugendlicher Zeit bis zu 3400 m gehoben ist. Weiter nach Norden folgt das interandine Becken von Ayacucho, 2840 m. Cachalquischichten bauen es auf, mit mächtigen Tuffen, diskordant vom Diluvium überlagert (Gerth). Zu großer Entfaltung gelangen diese interandinen Becken in Ecuador. In die Westkordillere eingesenkt sind in Südecuador die Becken von Cariamanca und, durch Porphyritriegel getrennt, das Zarumabecken und weiter nördlich das Hochtal des Rio Chimbo. In die Ostkordillere versenkt ist das Hochtal des Rio Loja. Die Reihe der interandinen Becken zwischen beiden Kordilleren eröffnet das Jubonesbecken zwischen dem Porphyritgebirge von Acayama und Guagrayuma im Süden und dem Gebirgsknoten von Portete und Tinajillas in Südecuador. Daran schließt sich die große Mulde von Cuenca, 2580 m, an. Im Becken spielen die Sandsteine von Azogues eine große Rolle, die man dem Wealden gleichsetzen kann. Wie die Beine einer Riesenspinne, sagt Th. Wolf, entsendet der Azuay seine Ausläufer nach allen Richtungen, er riegelt die Mulde nach Norden ab. Zwei seiner Ausläufer, die Cerro Bueran und Cerro Molobog, schließen die kleine Mulde von Cañar, 3300 m, ein. Der Azuay ist der erste große Vulkan des ecuatorianischen Abschnitts, wenn auch die jungen Eruptionen schon etwas weiter südlich einsetzen. Es ist ohne weiteres klar, daß die interandinen Becken durch Verwerfungen gegen die Kordillerenstämme absetzen, wenn auch ihr Untergrund durch mächtige Tuffmassen verschüttet ist und die tektonischen Linien verhüllt sind. Sie sind ja keine auf Ecuador beschränkt bleibende Erscheinungen. Für das Plateau von Aluminé und Lajas ein Neuquén im Süden zwischen 38° und 39° hat Burckhardt die begrenzenden Verwerfungen und Flexuren festgestellt. Im Norden sind Grabenbrüche von Stille in Columbien nachgewiesen (vgl. S. 315). Die Verwerfungen brauchen wohl kaum alle das gleiche Alter zu haben. Jedenfalls sind die nun folgenden, zwischen den beiden Kordilleren gelegenen Becken erst nach der andinen Bewegung entstanden, und zwar nach der zweiten Bewegungsphase.

Damit ist der Anschluß an das ecuatorianische Vulkangebiet gewonnen. Die Westkordillere baut sich auch hier wieder aus Kreideschichten mit Porphyriten, Diabasen und Porphyren auf. Die jungen Vulkane reiten auf



der Kordillere und haben dieselbe mit ihren Produkten verschüttet. Die Ostkordillere hat eine komplizierte Struktur. Wenn auch in ihr sicher, wie anderwärts, ein alter kristalliner Kern steckt, so ist die permische Faltung von der



Abb. 24.

andinen überwältigt worden. Das von Reiß gesammelte Material habe ich petrographisch untersucht. Neben fossilieeren Tonschiefern und Phylliten, die man vielleicht den Hondaschichten Hettners gleichsetzen kann und deren Alter man nicht sicher kennt, kommen hochdynamometamorphe Gesteine vor, die an die Bündener Schiefer erinnern. Es fanden sich Hornblende-schiefer, Grünsteine und Uralitdiabase in allen Stadien dynamometamorpher



Umwandlung, so daß die Vermutung nicht von der Hand zu weisen ist, daß hier auch mesozoische Schichten, die mit denselben basischen Eruptivgesteinen im unveränderten Zustand vergesellschaftet sind, versteckt sind. Auf dem Gipfel des Cerro Hermoso liegen horizontal stenglige, bituminöse Kalkschiefer der Kreide, die nur als liegende Falte oder durch Überschiebung dahin gelangt sein können. Hält man daran fest, daß die erste Phase der andinen Faltung im Mitteltertiär zum Abschluß gekommen ist, und daß die zweite Überschiebungsphase bis ins Pliozän hereinreicht, so hat die orogenetische Bewegung hier erst in sehr junger Zeit ihren Abschluß gefunden. Die interandinen Becken sind aber noch jünger. Das führt zum Schluß, daß dieselben erst im Quartär gebildet und ausgefüllt sein können. Dann ist aber der Vulkanismus in Ecuador nicht älter als quartär. Th. Wolf erkannte (Geologie, S. 320), daß die unzweifelhaft diluvialen Ablagerungen der Kordillerenflüsse, wie Rio Esmeraldo u. a., erst in ihren oberen Horizonten jungvulkanische Gerölle führen, in den tieferen nur Gerölle der Porphyritformation, und schloß daraus, daß der Vulkanismus in Ecuador erst im oberen Diluvium eingesetzt habe.

Zu einem ähnlichen Resultat gelangt H. Meyer auf einem anderen Wege bei seinen glazialen Forschungen. Die heutige Firngrenze liegt in der Ostkordillere wegen der feuchten aus dem Osten kommenden Passatwinde in 4700 m, in der Westkordillere in 4800 m. Zwischen 4800 und 4500 m breitet sich um die Berge ein Gürtel mit glazialen Erosionsformen, wie Kare, Zungenbecken, Trogtäler, Rundhöcker und junge vegetationslose Moränen.

In einem tieferen Niveau, 4200—3900 m, erscheint ein zweiter Gürtel glazialer Hohlformen, wie Seewannen, Talriegel, Talleisten, Hängetäler, übertiefte und übersteilte Haupttäler, Schuttwälle und Moränen, die von der Vegetation bereits in Besitz genommen sind.

Es sind das Wirkungen einer diluvialen Eiszeit, und zwar der letzten, die der Würmeiszeit zeitlich gleichgestellt werden muß. Wie diese, besitzt auch die ecuatorianische drei deutliche Rückzugsphasen. In der Cangahua-Lößformation von Punin, im Rio-Campa-Becken, hat man eine fossile Steppenfauna gefunden, die von Branca und Etzhold beschrieben worden ist (*Equus*, *Myiodon*, *Mastodon*, *Cervus*, der Säbelzahn tiger *Machairodus neogaeus* u. a. m.).

Die Fauna ist gleichwertig dem Oberpliozän Europas, in Südamerika ist sie aber später, und zwar im Pleistozän eingewandert. Sie ist offenbar eine pleistozäne Interglazialfauna, die durch die nachfolgende Eiszeit zugrunde ging.

In einzelnen Fällen gelang es H. Meyer auch noch Spuren einer zweiten, älteren, diluvialen Vereisung nachzuweisen, die er mit der Riß- oder Haupteiszeit zeitlich gleichsetzt. Sie äußert sich in Talleisten der Trog-



täler, Hochschotterterrassen der Flußtäler und bewachsenen Moränen-dämme in einem noch tieferen Niveau.

Zwei durch ein Interglazial getrennte Vereisungen sind in Peru, Bolivien, Argentinien in den Anden auch nachgewiesen. Die Glazialerscheinungen geben die Möglichkeit, auch das Alter der Vulkane zu bestimmen. Einen weiteren Anhaltspunkt gewährt der Erhaltungszustand der Bergform. Solange die aufbauenden vulkanischen Kräfte an der Arbeit sind, wird die Erosion nicht merkbare Spuren an den Gipfeln hinterlassen können. Die ursprünglichen vulkanischen Formen sind völlig unversehrt. Sobald aber diese Kräfte nachlassen, setzt die Erosion ein, sei es durch Eis oder Wasser. In diesem zweiten Stadium gewinnt die Erosion die Oberhand, zwar sind noch die Formen gut erhalten, daneben aber beginnen Erosionserscheinungen deutlicher sichtbar zu werden und das vulkanische Relief zu verwischen.

Stübel hat verschiedene Typen seiner monogenen Vulkanbauten ausgesondert, die er sich von vornherein genetisch angelegt und gestaltet dachte (vgl. Bd. I, S. 497). Sie sind aber weit mehr der Ausdruck einer Erosionsreihe, als einer genetischen Entwicklungsreihe. Zu dem Erosionsstadium II gehören Stübels Calderaberge mit hochliegender Calderabasis. Ein drittes Stadium stellen Stübels Strebpfeilerberge dar. Die Erosionsspuren greifen tiefer ein, die ursprünglichen vulkanischen Formen sind aber noch erkennbar. Hierher gehören die Calderaberge mit tiefliegender Basis.

In dem letzten vierten Stadium endlich ist die Zerstörung bis zur fast völligen Verwischung der ursprünglichen Form gediehen. Die glaziale Erosion kappt schließlich die Gipfel. Die Erosionsreihe vermittelt eine Vorstellung von der Zeit, die seit dem Absterben des Vulkans verstrichen ist, oder genauer, die verflossen ist, seit das Gleichgewicht zwischen den aufbauenden und den zerstörenden vulkanischen Kräften und der Erosion zugunsten der letzteren verschoben worden ist.

Findet sich unterhalb der heutigen Schneegrenze kein tiefer Gürtel von Glazialformen, so ist der betreffende Vulkan erst nach der letzten Vereisung entstanden. Bowman macht auf die Asymmetrie mancher vulkanischer Peaks aufmerksam, die durch glaziale und nivale Erosion unterschiedlich bewirkt wird. Ein postglazialer Vulkan weicht der Schnee-Erosion gegenüber auf der Schattenseite zurück, also südlich vom Äquator auf der

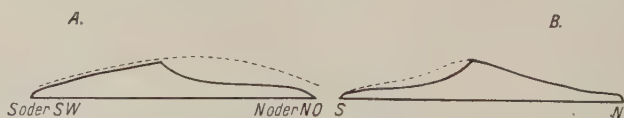


Abb. 25. A = Einseitige Gletschererosion, das vorglaziale Profil ist gestrichelt. — B = Postglazialer Vulkan. Die Schnee-Erosion hat die südliche Schattenseite angegriffen. Nach Bowman.



Südseite. Die Profilinie (Abb. 25) steigt erst sanft, dann unter dem Gipfel schneller an, der gegenüberliegende Hang besitzt das ursprüngliche Profil.

Der Schnee hält sich auf der Schattenseite länger. Erreicht er bei einer gegebenen Neigung eine bestimmte Mächtigkeit, so gerät er in Bewegung und reißt Schutt mit sich und wirkt erodierend. Die glaziale Erosion dagegen schafft auf der stärker vergletscherten Seite eine hohlkehlenförmige Profilinie.

### 1. Die Westkordillere.

Bis zum Chimborazo bildet die Ostabdachung der Westkordillere der Páramo de Guamote, Páramo de Puyal und de Columbe und endlich die Cordillere de la Calera, sie übersteigen nicht 4308 m und gehören dem mesozoischen Untergrund an. Von jungen Gesteinen sind Hornblendeandesite und Pyroxenandesite von Klautzsch bestimmt worden.

Der Chimborazo, 6310 m (W. Reiß),  $1^{\circ} 28' \text{ S. Br.}$ ,  $78^{\circ} 51' 30'' \text{ W. L.}$ , ist der höchste der ecuatorianischen Vulkane und galt lange als der höchste Berg Südamerikas. Die Westkordillere, auf der der Vulkan aufsitzt, erreicht an dieser Stelle bereits 4000 m. Der fünfgipflige Vulkan steht über einem stufenförmig ansteigenden Unterbau aus Lapillimassen, Lavaströmen und Moränen. Der Gipfel ist stark vergletschert, 14 selbständige Gletscherströme, die großen, besonders auf der Nordseite, gehen zu Tal. Zwischen 5200 und 4700 m zieht sich der junge Glazialgürtel um den Berg. In den Jahren 1871—1874 bestimmte W. Reiß die Gletschergrenze N zu 4255 m, SW 4358 m, SO 4516 m, O 4388 m.

Hans Meyer fand 1903 ganz allgemein einen Rückgang der Gletscher um 150 m Höhendifferenz. Ein quartärer Glazialgürtel ist ebenfalls nachweisbar, z. B. auf der Südseite alte Moränen im Curipoquiotal bei 4350 m. Das Abraspungo-Trogtal auf der Nordseite ist übertieft, die Bäche der Nebentäler stürzen in Kaskaden herunter. In der unteren Strecke beobachtete H. Meyer 150 m über der Talsohle einen zurückspringenden Knick im Talgehänge und einen noch älteren Trogrand. Die zwei ineinandergesetzten Trogtäler beweisen eine zweite, ältere Vereisung.

Der Chimborazo ist demnach älter als die Reißzeit.

Stübel bezeichnete den Chimborazo als Domberg mit steiler, aufsteigender Wölbung. Auf der steileren Südseite steigt z. B. die Loma von Totorillas, mit  $10^{\circ}$  beginnend, bis auf  $23^{\circ}$  an der Firngrenze, um schließlich mit  $44^{\circ}$  Neigung in den Kathedraalfelsen auszulaufen. Der Gipfeldom besteht aus Laven, die in pseudoparallelen Decken verschiedener Mächtigkeit übereinanderlagern. Asche und Lapilli treten der geflossenen Lava gegenüber sehr zurück. v. Humboldt und auch Stübel sprachen den Vulkan als einen ungeöffneten Andesitkegel an, Reiß und H. Meyer glaubten eine kraterförmige Calderaeinsenkung zu erkennen, die unter dem Eise



begraben ist; West-, Süd- und Nordgipfel wären die höchsten Zacken des Kraterrandes. Im Osten ragt die Piedra Negra, ein Rest eines älteren Chimborazobaus, hervor, der mit der Picachoformation am Cotopaxi vergleichbar ist.

Der Chimborazo ist seit langem erloschen. Die Erosion hat die Oberhand erhalten, wenngleich sie noch nicht den Berg hat tiefgreifend verändern können. Er befindet sich in dem Erosionsstadium II. Wie die petrographischen Untersuchungen von Klautzsch gelehrt haben, sind die Chimborazolaven vorherrschend blaugraue Pyroxenandesite mit oder ohne Hornblende, die oft zu Pyroxen zerfällt. Die Andesite schwanken in ihren Q-Werten zwischen  $-1,86$  und  $+26,78$  (vgl. Analysentabelle S. 408).

|                | Chimborazo        | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |             |
|----------------|-------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|-------------|
| Basalt         | N.-W.-Seite       |       |       |       |      |      |                  |      |       |      |      |             |
|                | Schneegrenze      | 72,48 | 29,38 | -1,86 | 6,94 | 4,24 | 1,48             | 4,13 | 1,67  | 8,89 | —    | Postquartär |
| Pyroxen-       | 17916' = 5820 m   | 56,00 | 38,04 | 5,96  | 5,43 | 3,14 | 1,82             | 8,76 | 4,38  | 5,88 | —    |             |
| andesit        | S-O-Seite 13600'  |       |       |       |      |      |                  |      |       |      |      |             |
|                | = 4418 m          | 71,32 | 22,20 | 6,48  | 6,15 | 5,53 | 1,50             | 5,89 | 2,70  | 0,97 | 3,08 |             |
| Pyroxen-       | Hazienda, Chuqui- |       |       |       |      |      |                  |      |       |      |      |             |
| andesit mit Ho | poquio, O-Seite   | 67,40 | 18,41 | 14,19 | 5,82 | 5,21 | 1,71             | 5,85 | 1,49  | —    | 3,73 |             |
| Pyroxen-       | 14916' = 4845 m   | 60,40 | 23,26 | 16,34 | 4,20 | 6,70 | 1,12             | 2,42 | 2,08  | 7,13 | —    |             |
| andesit        | 15180' — 4931 m   | 61,85 | 16,56 | 21,59 | 6,10 | 3,05 | 1,39             | 6,71 | -0,85 | 0,01 | 3,12 | Würmeiszeit |
| Pyroxen-       | Chimborazo        | 66,54 | 6,68  | 26,78 | 6,49 | 3,22 | 1,52             | 2,19 | -1,74 | —    | 2,30 |             |
| andesit        |                   |       |       |       |      |      |                  |      |       |      |      |             |

Der Carihuaairazo, 5106 m,  $1^{\circ} 23'$  S. Br.,  $78^{\circ} 47'$  W. L., ist der Bruder des Chimborazo, doch ein Vulkan von gänzlich anderem Typus. Der Berg besitzt eine nach Nordosten geöffnete Caldera von Größenverhältnissen, die höchstens noch vom Altar und Antisana erreicht werden. Die Basis liegt hoch, ein zentraler Kegel fehlt. Der Boden des Kesseltales liegt nach Reiß zwischen 4264 und 3826 m, von Norden bis Süden beträgt der Durchmesser etwa  $3\frac{1}{2}$  km und ist stark vergletschert.

Die jungen Moränen liegen nach Reiß in 4100 m Höhe. Im Salazacatal konnte H. Meyer wieder die Spuren einer zweimaligen diluvialen Vereisung feststellen. Der Carihuaairazo hat demnach dasselbe Alter, wie der Chimborazo. Er gehört dem zweiten Erosionsstadium an. Die Caldera, durch Explosionen angelegt, ist durch die rückwärts schreitende Glazialerosion erheblich vergrößert und ausgeräumt worden. Die Innenwände des Zirkus fallen jäh ab und zeigen den Aufbau aus geschichteten Lavabänken. Blaugraue, z. T. rotgestreifte eutaxitische Pyroxenandesite sind die herrschenden Gesteine. Sie führen nach Klautzsch neben Hornblende sehr häufig rhombischen Pyroxen. Der Carihuaairazo ist erloschen. Daß dieser Berg, der den Chimborazo an Größe erreicht haben soll, in historischer Zeit durch eine gewaltige Katastrophe zu seiner jetzigen Gestalt verändert sei, gehört in das Reich der



Fabel. Zwar haben 1698 und 1797 verheerende Schlammströme von ihm ihren Ausgang genommen, doch steht nicht fest, ob Lavaeruptionen oder Erdbeben die Ursache waren. Man kennt jedenfalls keine Anzeichen einer jungen Eruptionstätigkeit.

Es folgt der Sagoatoa, 4158 m,  $1^{\circ} 8' 30''$  S.Br.,  $78^{\circ} 42'$  W.L., ein einfacher Strebepfeilerberg, mit schwacher Andeutung eines Gipfelkraters in 4037 m Höhe. Beobachtungen über ältere Moränen liegen nicht vor. Er mag vielleicht schon dem Erosionsstadium III zugezählt werden. Die Gesteine sind nach Klautzsch Pyroxenandesite. Westlich vom Sagoatoa stehen gleichfalls zwei alte Vulkane: Casaguala, 4545 m,  $1^{\circ} 9'$  S.Br.,  $78^{\circ} 49'$  W.L., und Quispicasha, 4585 m. Stübel reiht sie unter die Berge ohne typische Gestaltung, ohne einheitliches Eruptionszentrum ein. Die Erosion hat aber die ursprünglichen Formen bis zur Unkenntlichkeit verwischt (Erosionsstadium IV). Nach Klautzsch sind die Laven beider Vulkane Pyroxenandesite. Schollenartige, rotgefärbte Laven machen den Gipfel des Quispicacha weithin sichtbar.

Ein Berg ohnegleichen unter den ecuatorianischen Vulkanen ist der nach Westen vorgerückte Quillotoa, Hoyantispitze, 4010 m, Hatuclomaspitze, 3945 m,  $0^{\circ} 52'$  S.Br.,  $78^{\circ} 55' 30''$  W.L. Er erhebt sich aus dem Grunde des in die Westkordillere eingesenkten Toachitales inmitten älterer, nichtvulkanischer Formationen und ist mit einer relativen Höhe von 1000 m der niedrigste ecuatorianische Vulkan, bleibt er doch 400 m unter der benachbarten Cordillere Angamarca. Sein riesiger Kraterkessel ist ringsum geschlossen und enthält einen abflußlosen Kratersee in 3570 m Höhe. Das Wasser des Sees enthält nach einer Analyse von Dressel in 1 Liter 6,9068 g Salze, und zwar:

|           |          |
|-----------|----------|
| $K_2SO_4$ | = 0,0479 |
| $CaSO_4$  | = 0,5634 |
| KCl       | = 0,0068 |
| NaCl      | = 3,4910 |
| $MgCl_2$  | = 2,0443 |
| $MgCO_3$  | = 0,5803 |
| $FeCO_3$  | = 0,0275 |
| $Al_2O_3$ | = 0,0538 |
| $SiO_2$   | = 0,0918 |
|           | <hr/>    |
|           | 6,9068   |

Die Temperatur ist  $8^{\circ}$  über dem Jahresmittel.

Der Berg ist ein stark abgestumpfter, flacher Kegel, die Innenwände fallen fast 300—400 m senkrecht ab, sie setzen sich aus Trachyt und weißen Bimssteintuffen zusammen. Das Quilotoamagma ist recht sauer; Klautzsch bestimmte es als Dazit, dann hat es Bergt untersucht.



Leider existiert keine Analyse. Diese sog. Dazite zeigen eine flaserige Lagenstruktur, dünne Lagen von Feldspat und Quarz ziehen sich in paralleler Anordnung durch das Gestein, so daß dasselbe an flaserige Gneise erinnert. Diese Textur ist primär und hat mit einer Eutaxit- oder Pipernostruktur nichts zu tun. Sie ist offenbar durch einen extrem zähflüssigen Zustand bedingt.

Der Quilotoa ist als erloschen zu betrachten, zwar steigen noch Exhalationen von  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{S}$  aus dem See. Es wird berichtet, daß 1725 Flammen aus dem Krater emporschlügen und das Wasser 58 m gestiegen sei. Ähnliche Vorgänge werden noch aus den Jahren 1740 Dez., 1858 gemeldet. Es handelt sich wohl dabei nur um gesteigerte Exhalationen und nicht um richtige Ausbrüche. Zweifelsohne ist der Vulkan jünger als die Talbildung. Seine Formen sind noch wohl erhalten, die Caldera ist geschlossen. Ich möchte ihn nach seinem Erhaltungszustand dem Erosionsstadium II zu rechnen. Er ist postglazialer Entstehung.

Der nächste große Vulkan ist der Iliniza, Nordspitze 5162 m, Südspitze 5305 m,  $0^\circ 40'$  S.Br.,  $78^\circ 45'$  W.L. Der Berg ist, wie H. Meyer an seinem glazialen Relief erkannte, älter als die Rißeiszeit und ist damit gleichaltrig wie die vorher beschriebenen Vulkane. Der Gipfel ist vergletschert, Stübel bestimmte die Gletschergrenze 4484 m, seitdem mögen die Gletscherzungen bis auf 4600 m zurückgegangen sein. Stübel bezeichnet den Berg als Strebepfeilerberg mit zwei gleichwertigen Spitzen. W. Reiß hält diese Spitzen als Reste einer Calderaumrandung, die durch glaziale Erosion weitgehend zerstört sind. Wenn in einer geöffneten Caldera der Gletscher rückwärts einschneidet, so müssen, nachdem die rückwärts gelegene Calderawand niedergelegt ist, die flankierenden Randteile übrig bleiben (Erosionsstadium IV). Im Fußgebirge des Vulkans finden sich zwei parasitäre Kegel, im Norden der Pilongo, im Süden der Tisisichu, 4241 m.

Eine Häufung solcher kleiner Ausbruchskegel stellen die Cerros de Chaupi, 3997 m, dar, sie verbinden den Vulkansockel mit dem des Rumiñahui. Elich bestimmte die Laven des Iliniza als Pyroxenandesite und Hornblendeandesite, einzelne führen Quarz. Leider ist die einzige Analyse eines Ilinizagesteins aus der Sammlung von Wagner nicht brauchbar, da Eisen und Tonerde nicht getrennt sind.

Seiner herzförmigen Gestalt verdankt der Corazon seinen Namen, 4816 m,  $0^\circ 32'$  S.Br.,  $78^\circ 41'$  W.L. Der Berg besitzt die tiefste Caldera in Ecuador. Er ragt mit seinem Gipfel grade bis zur klimatischen Schneegrenze heran, Schnee bleibt nur an günstigen Stellen liegen, eine zweite quartäre Abtragungsfläche mit den typischen Glazialformen umgibt den Berg in 4000 m. Der höchste östliche Punkt ist nicht, wie Stübel meinte, ein Staukegel nach Art der Montagne Pelée, sondern ein Erosionsrest des Caldera-



randes, da er sich aus horizontal geschichteten Lavabänken aufbaut. Der Berg ist also wenigstens vor der Würmeiszeit entstanden und bereits weitgehend zerstört (Erosionsstadium III). Pyroxenandesite bauen nach Elich auch diesen Berg in der Hauptsache auf.

Zwischen Corazon und Atacatzo liegt der kleine Kegel Viudita, 3785 m, bei dem man im Zweifel sein kann, ob er als gleichwertiger Ausbruchspunkt der Hauptreihe oder als parasitärer Nebengipfel aufgefaßt werden soll. Hellgraue Amphibolandesite bauen ihn auf.

Der Atacatzo, 4539 m, 0° 21' 30" S. Br., 78° 30' W. L., bleibt unter der klimatischen Schneegrenze und ist daher auf seinem Gipfel nicht vergletschert. Stübel bezeichnet ihn als Strebepfeilerberg mit schwacher Andeutung eines Gipfelkraters. Der Calderaboden liegt in 4242 m Höhe. Er steht wohl im Erosionsstadium III. H. Meyer hat seine glazialen Studien nicht mehr auf diesen Vulkan ausgedehnt, so daß Beobachtungen über Glazialerscheinungen nicht vorliegen. Zweifelsohne gehört der Vulkan wie seine Nachbarn zu den eiszeitlichen Bergen. Es sind wieder vorherrschend Pyroxenandesite nach Elich's Bestimmungen, die den Berg aufbauen. Hornblendeandesitbimssteine fanden sich im Innern der Caldera.

Der einzige tätige Vulkan der Westkordillere ist der Pinchincha, eigentlich ein Doppelvulkan. Rucu-Pinchincha, 4737 m, 0° 10' S Br., 78° 35' W. L., und der südlichere höhere Guagua-Pinchincha, 4787 m. Beide Berge sind die Krönungen eines flach gewölbten, schildförmigen Massivs, das sich nordwestlich von Quito erhebt.

Stübel reiht diesen Vulkan zu den Strebepfeilerbergen mit zentraler Pyramide ein. Der Berg gehört nach seinem Erhaltungszustand zu den jüngsten Vulkanen der Westkordillere und ist auch noch tätig. Quartäre Glazialerscheinungen sind vorhanden, wenn auch nicht so deutlich, wie bei den anderen Bergen.

Unmittelbar südlich von Quito erhebt sich der kleine parasitäre Nebengipfel Panecillo, 3050 m. Das tätige Zentrum ist der Guagua-Pinchincha, sein 770 m tiefer Krater zeigt für gewöhnlich Fumarolentätigkeit, die von einem 80 m hohen Kegel ausgehen. In historischer Zeit hat der Vulkan nur Lockerprodukte und keine Lavaströme gefördert. Th. Wolf hält folgende Ausbrüche als gut beglaubigt: 1566 17. bis 18. Okt., 16. Nov., 1575 8. Sept., 1582 Juni, Juli; es folgte eine 16jährige Periode starker Tätigkeit; 1660 27. Okt. mit 40 cm Asche in Quito, 1830, 1881 10. März.

Die Laven des Pinchincha sind nach Herz vorwiegend Pyroxenandesite. Hornblende führende Andesite kommen am Guagua-Pinchincha häufiger vor.

Die Cerros de Calacali mit dem Cerro Mantingo, 3527 m, 0° 3' S. Br., 78° 30' W. L., sind Berge ohne typische Gestaltung. Die Laven, die zeitlich mit dem Fußgebirge der Vulkanriesen auf gleiche Stufe gestellt



werden mögen, sind aus dicht benachbarten Förderschächten geflossene Andesite. In den Bimssteintuffen von Pomasqui finden sich faustgroße Andesitbomben.

Der Pululagua, 3290 m, 0° 3' N.Br., 78° 30' W.L., ist ein Calderaberg mit jüngerem Eruptionskegel innerhalb der Caldera.

Da er das Niveau des diluvialen Glazialreliefs nicht erreicht und wohl-erhaltene Formen zeigt, dürfte er postglazialer Entstehung sein, zumal, da der Vulkan in einem Tal eingebettet ist und jünger als Talbildung sein muß. Sein Gestein ist nach Herz ein grauer Hornblendebiotitandesit. Nach Bergt kommen dort ähnliche schiefrige Laven wie im Quilotoa vor.

Wiederum Berge ohne typische Gestaltung sind die Escalerasberge, Serrania de Chanchagran, 3753 m, 0° 12' 30" N.Br., 78° 20' 40" W.L., nach Belowsky werden sie von meist dunklen Pyroxen-hornblendeandesiten aufgebaut.

Es folgt nun der Cotocachi, 4966 m, 0° 16' 30" N.Br., 78° 18' 18" W.L. (Th. Wolf), ein Strebepfeilerberg mit zentraler Gipfelpyramide von derselben Entwicklungsstufe wie der Quilindaña, glaziale Beobachtungen liegen nicht vor (Erosionsstadium III).

Am Südfuße des Berges liegt der große Kratersee Cuicocha, 3081 m, mit zwei kleinen Lavainseln. Nach Belowsky sind es vorwiegend Pyroxenandesite, die den Berg aufbauen. Der Páramo de Piñan mit dem Yana-urcu, 4556 m, 0° 28' N.Br., 78° 11' W.L., ist wiederum durch Zusammenfließen aus mehreren Eruptionszentren entstanden und trägt den Charakter des Fußgebirges. Die Laven sind saure, z. T. quarzführende Andesite (Belowsky).

Die Verbindung mit den ersten columbischen Vulkanen der Westkordillere in der Gegend von Tulcan stellt der Páramo del Anjel her, ein von andesitischen Massen überdeckter Rücken.

In Columbien ändern sich zunächst die orographischen Verhältnisse nicht. Der erste große Vulkan der Westkordillere ist Cerro Negro de Mayasquer (Cerro de la Oreja), 4470 m, westlich von der Ortschaft Chiles, deren Position Reiß zu 0° 49' 12" N.Br., und 77° 46' 30" W.L. bestimmte. Der Vulkan ist ein schroffer Kegel mit einer großen Caldera. Der Calderarand baut sich aus horizontal geschichteten Lavabänken auf. Nach Küch sind die Laven Pyroxenandesite (vgl. Tabelle S. 416, Nr. 11). Der Berg ist erloschen und wohl glazialen Alters. Die Cerros de Contrayerva, 4152 m, Andesitrücken ohne typische Gestaltung, streichen weiter nach Norden. Gegen Osten vorgerückt erhebt sich der große, erloschene Vulkan Chiles, 4780 m, über die Schneegrenze. Er ist ein Calderaberg mit breit angelegter, flacher Basis und mit einem steilen Kegel in der tief eingeschnittenen Caldera. Der Berg ist nicht mehr tätig. Nach Küch bauen Pyroxenandesite, z. T. olivinführende, z. T. saure Andesite den Vulkan auf.



Ein flacher Rücken des Cerros Colorado verbindet ihn mit seinem nördlichen Nachbarn, den nur um 10 m höheren Cumbal, 4790 m. Die Position des auf seinem südöstlichen Fuß gelegenen Ortes Cumbal ist von Reiß zu  $0^{\circ} 54' 4''$  N.Br., und  $77^{\circ} 43' 15''$  W.L. gemessen worden. Der Cumbal ist ein abgestumpfter Kegelberg ohne Caldera mit großem, flachen, 100 m tiefen Krater, der von Zacken und Spitzen umgeben wird. Er besitzt nach Friedländer zentrale Quellsuppenbildungen und auf der Ostflanke Seitenkrater. Er ist bei weitem stärker vergletschert als sein Nachbar. Der Krater zeigt nach Stübel eine starke Fumarolentätigkeit. Die Lavaströme entspringen aus den Flanken des Kegels, der letzte nahe der Nordspitze. Auf der Ostseite hat eine ungeheure Glutwolke ein großes Blockfeld hinterlassen. Auf der unebenen Fläche der Lavaströme sind eine Anzahl von Lagunen eingesenkt. Die drei Vulkane werden von einem lagunenreichen Gürtel umgeben, sie sind also anscheinend über dem Glazialrelief der Würmeiszeit aufgebaut und glazialen Alters. Das Erdbeben, das am 14. Dezember 1923  $5\frac{1}{2}$  Uhr die Ortschaft Cumbal zerstörte, hatte nur ein eng begrenztes Schüttergebiet. Es ist nicht einmal von der nur 170 km entfernten Erdbebenstation in Quito registriert worden. Sieberg vermutet daher, daß es sich in diesem Fall um eine versuchte Eruption handle und die Erschütterungen mit magmatischen Vorgängen im Vulkanherd zusammenhängen. Die Cumballaven sind nach Küch Pyroxenandesite, häufig sind es Agglomeratlaven. Sie gehören, wie die Analysen lehren (vgl. Tabelle S. 416, Nr. 3), wie die des Chile zu den sauren Gliedern. Ein Andesitrücken verläuft vom Cumbal nach Norden, der den Páramo de Guam und die Serrania de Colimbo, 3665 m, eine Vulkanruine mit basischen Laven, miteinander verbindet.

Der letzte Vulkan der Westkordillere ist der Azufral de Tuquerres, 4070 m,  $1^{\circ} 5' 20''$  N.Br.,  $77^{\circ} 33'$  W.L., nach Stübel ein sehr alter Vulkan von einem eigenen Typus, wie er sonst in Columbien nicht vorkommt. Der flach angelegte, breiter gewölbte Berg trägt auf seinem Gipfel einen weiten, tiefen Krater mit einem Kratersee Laguna verde, 3797 m. Anzeichen geflossener Lavaströme sind nicht vorhanden. Bis auf eine nicht allzu starke Fumarolentätigkeit im Krater sind in historischer Zeit keine Ausbrüche bekannt.

Der Vulkan ist durch extrem saure Laven, echte Dazite und saure Andesite ausgezeichnet (Analysentabelle S. 416, Nr. 4—6).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß in Ecuador und Columbien die Tätigkeit der Westkordillere im Gegensatz zu den übrigen Teilen Südamerikas eine außerordentlich schwache ist. Von den 24 gezählten Vulkaneinheiten hat nur der Pinchincha Ausbrüche explosiver Natur gehabt, während Quilotoa, Cumbal und Tuquerres Fumarolentätigkeit zeigen. Fast alle diese Vulkane sind bereits vor der letzten diluvialen Vereisung angelegt worden.



## 2. Die interandinen Mulden.

Die Cuencamulde wird von dem Azuay, 4600 m, nach Norden abgeriegelt. Seine Position ist 2° 20' S. Br., 78° 45' W. L.

Der Azuay ist ein gewaltiges, jungvulkanisches Massiv ohne typische Form, offenbar haben mehr als ein Eruptionszentrum bei der Gestaltung mitgewirkt. Die Erosion hatte die einstigen vulkanischen Oberflächenformen bis zur Unkenntlichkeit verwischt (Erosionsstadium IV). W. Sievers stellte bei 3240 m am Páramo del Azuay eine deutliche diluviale Glaziallandschaft mit gerundetem Hügelland und kleinen Lagunen fest, so daß der Berg sicher vor der Vereisung aufgebaut ist.

Die nächste interandine Mulde ist die Mulde von Alausí, wo Siemiradzki basische und saure Andesite analysiert hat (Tabelle S. 408, Nr. 1—6). An den Cerros de Tixan, 2935 m, liefert eine Solfatara Schwefel. Der Nudo de Tiucajas riegelt das Becken gegen die Riobambamulde ab.

Die interandinen Mulden, die Riobambamulde, das Ambato-Latacunga-Becken, das Quitobecken, sind von mächtigen Tuff- und Schotterablagerungen erfüllt. Trotzdem die Flüsse tief in die Tuffmassen einschneiden, ist nirgends das Liegende aufgeschlossen. Die Tuffe enthalten eine ganze Musterkarte aller Gesteine der Kordilleren.

Stübel, Wagner und Wolf dachten an eine Sedimentation in abgeschlossenen Seebecken, die nach Durchbruch der Flüsse durch die Kordillere entleert worden sind. Reiß und später H. Meyer haben das Unhaltbare der Seenhypothese nachgewiesen. Es ist unbestritten, daß die Vulkane das Material für die viele hundert Meter mächtigen Tuffe geliefert haben. Ihre Lockerprodukte wurden in die interandinen Räume verschwemmt. Auffallend gering ist der Anteil der Lockerprodukte an den Vulkanbauten selber. Aber die Erosion der Flüsse und die Schutterabfuhr ist heute so groß und die Zufuhr an vulkanischem Material durch Ausbrüche, Schlammströme usw. so klein, daß unter solchen Umständen so mächtige Tuffmassen nicht hätten angehäuft werden können. So muß es eine Zeit gegeben haben, in der die Aufschüttung die Ausräumung überwog. In den Flußtalern lassen sich allgemein zwei Terrassenstufen unterscheiden, eine Hochterrasse und eine Niederterrasse, in die der Fluß dann sein heutiges Bett cañonartig eingeschnitten hat. Diese morphologischen Verhältnisse deuten auf zwei wasserreiche Akkumulationsperioden hin, die durch eine niederschlagsarme Erosionsperiode getrennt werden. Zwei durch eine Interglazialzeit getrennte diluviale Pluvial- oder Glazialperioden, denen die Gegenwart mit Gletscherrückgang und mit starker Erosion der Flüsse folgte, waren aus anderen Erwägungen bereits angenommen. Die Cangahuaformation ist eine lößartige, äolische Bildung des Interglazials und geht noch heute vor sich. In ihr fand sich bei Punin die bereits erwähnte fossile



Säugetierfauna, ferner mit diesen Resten Topfscherben, die als menschliche Artefakte von besonderem Interesse wären, leider ist nicht mit Sicherheit festzustellen, ob diese auch aus dem Anstehenden stammen.

In der Riobambamulde verläuft der langgestreckte Rücken der Cerros de Yaruquies, 3759 m, zwischen 1° 50' und 1° 40' S. Br., ein älteres präglaziales Andesitgebirge, das neben Hornblende- und Pyroxenandesiten ungewöhnliche, hellgraue Glimmerdazite mit großen Quarzdihexaedern führt (Analysentabelle S. 408, Nr. 7). Dieses von Tannhäuser beschriebene charakteristische Gestein liefert ein vorzügliches Leitgeschiebe. Bei Punin und Pulucate, südlich von Riobamba, erscheinen diese Gesteine in den Schotterbänken. Die berühmte Fundstelle von Punin liegt in der vom Tulabug herabkommenden Quebrada Chalang, hier fand H. Meyer über steilgestellten Quarzitschiefern und roten und weißen Sandsteinen und roten Tonen (Kreide oder Tertiär) eine Bank aus groben vulkanischen Geröll, darunter die oben beschriebene Yaruquiesdazite. Über dieser Schotterbank liegt der 30—40 m mächtige Cangahuatuff, der in seinen untersten Bänken die Fossilien enthält.

| Cerro de Yaruquies |              | L                 | M     | Q    | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO   | Mt   | Alter: präglazial |
|--------------------|--------------|-------------------|-------|------|-------|------|------------------|------|------|-------|------|-------------------|
| 7                  | Glimmerdazit | Quebrada de Punin | 66,29 | 2,29 | 31,42 | 6,70 | 2,92             | 1,69 | 0,89 | -1,01 | 0,15 | 0,36              |

Eine Anzahl kleinerer Ausbruchpunkte sind über das Becken verstreut: Cerro Tulabug, 3324 m, ein schön geformter Kegelberg, der aber vom Cangahuatuff überlagert ist, und der Cerro Aulabug, ca. 3100 m. Westlich von Riobamba liegen die Kegel Cerro Cachahuay, 3240 m, bei Lican und der Yana-urcu von Calpi, 3240 m, dessen letzte Ströme in der Mitte des 15. Jahrhunderts geflossen sind und endlich am Ostabhang des Carihuairazo der Cerro Puñalica, 3996 m, mit Lavaströmen. Alle diese Vorkommen haben gemeinsam, daß ihre Laven am basischsten sind und den Basalten zugerechnet werden müssen.

Drei größere Vulkane riegeln die Riobambamulde gegen die von Latacunga und Ambato ab. Der Igualata, 4452 m, ist ein Strebepfeilerberg mit zentraler Gipfelpyramide, 1° 30' S. Br., 78° 40' W. L. Ein eigentlicher Krater ist nicht vorhanden, sondern nur eine kesselartige Vertiefung der Kegel läuft in ein flachgewölbtes, kreisförmiges Gipfelplateau aus; der Berg gehört also zu den glazial geköpften Vulkanen. Sein Nachbar Llmpi (Cerro Telicoto), 3744 m, 1° 23' 30" S. Br., 78° 35' 30" W. L., gehört zur gleichen Kategorie. Der dritte ist El Mulmul, 3838 m, Pyroxenandesite, z. T. Olivin führend, Hornblendeproxenandesite und Hornblendeandesite bauen die drei Berge auf.

Das nächste Becken ist das von Ambato und Latacunga. Die gewaltigen Bimssteinablagerungen von San Felipe de Latacunga und unterhalb Lata-



cunga sind die südlichen Ausläufer der obsidianführenden Tuff-Formation des Fußgebirges des Cotopaxie, wie Reiß dieses Formationsglied genannt hat. Südöstlich von Latacunga ist der interessante Cerro Putzulagua, 3515 m, zu erwähnen, eine Staukuppe aus Biotitandesit. Der Cerrito de Callo ist ein von Sanddünen umgebener Kegel von regelmäßiger Napfkuchenform am Rio Curuchi, 0° 42' S. Br.

Die Mulde wird abgeriegelt vom Rumiñahui, 4757 m, 0° 35' S. Br., 78° 32' W. L., ein typischer Calderaberg ohne Eruptionskegel, doch ist der Aufbau mehr domförmig. Die heutige Gestalt ist durch die Gletschererosion bereits merklich beeinflußt, die Caldera liegt relativ tief in 3950 m Höhe, also 800 m unter dem Rande. Karbildungen zwischen 4200 und 4100 m beweisen, daß die letzte diluviale Vereisung über den Berg hinweggegangen ist (Erosionsstadium III). Die unteren Gehänge sind von Tuffen überlagert. Aus historischer Zeit sind Ausbrüche nicht bekannt, keine neuen Laven sind zu erkennen.

Nach Young besteht der Vulkan aus Basalten und basischen Pyroxenandesiten (vgl. Analysen S. 410, Nr. 9—10).

| Rumiñahui |                       |                          | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |                        |
|-----------|-----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|------------------------|
| 10        | Basalt                | Panango Hondon Ostseite  | 76,71 | 25,98 | -2,69 | 6,08 | 5,77 | 0,90             | 8,05 | -4,99 | 0,13 | 9,62 | Alter: Prä-Würmeiszeit |
| 9         | Biotitdazit (Andesit) | Caldera Rumiñahui 3950 m | 69,32 | 24,88 | 5,80  | 6,42 | 4,49 | 1,10             | 9,43 | 0,32  | 0,30 | 4,78 |                        |

Sein nördlicher Nachbar ist der Pasacha, 4255 m, 0° 27' 30" S. Br., 78° 30' W. L., ein Berg vom gleichen Typus. Der breite abgestumpfte Kegel baut sich aus Laven und Schlackenmassen auf. Die Caldera ist durch Erosion stark verändert und liegt 1300 m unter dem Rand. Basalte und basische Pyroxenandesite bauen den Berg auf.

Das nächste Becken ist das von Quito, es ist mit hellen Tuffen, mit Bimsstein und Perlitbrocken erfüllt. Die Tuffe besitzen eine große Mächtigkeit. Zwischen diesen Tuffen sind gelegentlich Laven eingeschaltet, die auf selbständige Ausbrüche hinweisen. Ein solcher Ausbruchspunkt ist der Ilaló, 3161 m, 0° 16' S. Br., 78° 26' W. L., eine domförmige Anhäufung übereinander gelagerter Lavaströme, der bereits weitgehend zertalt ist. Der ganze Berg ist vom Fuß bis zum Gipfel mit gelbem Cangahua überzogen. Pyroxenandesite bauen ihn auf.

Den Querriegel gegen die Ibarramulde bildet El Moja, 4296 m, 0° 8' N. Br., 78° 18' W. L., ein großer, flacher Kegel mit einer riesigen Caldera, deren nördlich-südlicher Durchmesser 6,7 km, der ost-westliche 4,5 km beträgt, ihr Boden liegt 400—500 m unter dem Rand, in 3700 m Höhe.

Im südlichen Teile der Caldera wächst der Eruptionskegel Golongal 400 m und wird von den Kraterseen Caricocha und Rinconado umgeben.



Der Fuya-fuya-Zacken scheint ein ähnlicher Lavadorn wie die Quilindañapyramide zu sein und nicht ein Rest des Calderarandes. Die trachytische Natur seiner Lava (vgl. Analysen S. 414, Nr. 3) sprechen zugunsten dieser Auffassung.

Die schroffen Felswände der Umwallung bauen sich aus Lavabänken und untergeordnet aus Schlacken und Tuffmassen auf, Gänge durchsetzen das Ganze. Während der Pyroxenandesit die herrschende Lava des Vulkans ist, sind Trachyte (Esch bezeichnet sie als Hornblendedazite und Andesite) am Fuya-fuya und am Golongal entwickelt, der nach Reiß eine Staukuppe zähflüssiger Lava ist. Der Mojanda dürfte dem Erosionsstadium III bereits angehören, Beobachtungen über glaziale Zonen liegen nicht vor.

Im Ibarabecken erhebt sich als interandiner Vulkan der Imbabura, 4582 m, 0° 15' N. Br., 78° 12' W. L., ein Berg, der aus mehreren Zentren, die zu einem gemeinsamen Fuß zusammenflossen, emporgewachsen ist. Der Asaya im Süden, 3884 m, mit 134 m tiefem Krater, ist noch als ein solches Zentrum erkennbar. Der Imbabura besitzt in seiner steilen Gipfelpyramide einen schroffen Krater, der gegen Osten calderaartig geöffnet ist. Im übrigen ist der Bau ähnlich dem des Mojanda. Pyroxen- und Hornblendeandesite sind nach Esch die herrschenden Gesteine (vgl. Analysen S. 414, Nr. 4).

|   |                             | Imbabura            | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO | Mt   |                |
|---|-----------------------------|---------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|-----|------|----------------|
| 4 | Amphibol-<br>pyroxenandesit | Crista<br>del Gallo | 67,52 | 17,12 | 15,36 | 5,45 | 5,98 | 1,25             | 5,44 | 1,20 | —   | 3,84 | Alter: quartär |

Im Fußgebirge sind noch zwei parasitäre Nebenkegel, Cuvilche, 3882 m, und Cunru zu nennen, ferner Cocha Loma, mit noch erhaltenen Kratern. Die Altos de Boliche riegeln diese Mulde nach Norden ab.

Auch in Columbien bleibt eine interandine Tiefenlinie zwischen beiden Kordillern erkennbar. Von der Kordillere de la Fragua an, in 1° 30' N. Br., tritt eine Neuordnung der Kordillerezüge ein. Die Ostkordillere wird durch den meridionalen Grabenbruch des Magdalenatales in eine Zentral- und Ostkordillere geteilt.

Die interandine Tiefenlinie setzt sich im Tal des Rio Cauca weit nach Norden fort und trennt die Westkordillere von der columbischen Zentralkordillere, die aber nur die Fortsetzung der ecuatorianischen Ostkordillere ist und als tektonische Ostkordillere gewertet werden muß.

Der einzige interandine Vulkan Columbiens ist der Pasto oder La Galera, 4264 m, 1700 m über Pasto, 1° 12' 26" N. Br., 77° 15' 15" W. L., nach Stübel hat ihn Friedländer untersucht. Dieser Vulkanbau ist ein kompliziertes Gebilde, dessen Aufbau bis in die Pliozänzeit zurückreicht. Mehrfach haben im Laufe seiner Geschichte die Ausbruchspunkte gewechselt und erhebliche Niveauverschiebungen haben den Bau gestört. So findet man weit von dem heutigen Flußbett alte Terrassen. Die



pleistozänen Hebungen betragen etwa 150 m. Im Süden des Massivs befindet sich ein altes kesselförmiges Hochtal, im Nordwesten die Reste eines älteren Baues; das Zentrum der jüngsten Tätigkeit liegt im Nordosten, hier umschließt ein älterer, im Osten geschlossen und nach Westen geöffneter Sommarand, 4264 m Stübel, 4360 m Friedländer, den Zentralkegel, dessen Höhe 120 m unter dem Sommarand bleibt. Zwischen dem ältesten südwestlichen und dem älteren nordwestlichen Bau öffnet sich das Tal von Consacá, das den  $5\frac{1}{2}$  km langen Blocklavastrom von Hypersthenaugitandesit aus dem Jahre 1866 aufgenommen hat.

Dieser Strom hat die folgende Zusammensetzung:

| Vulkan Pasto oder La Galera |                | L               | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | S. 416 |               |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 7                           | Pyroxenandesit | Lava 1866       | 69,68 | 21,18 | 9,14 | 7,05 | 3,32             | 1,85 | 4,76 | 3,41 | 0,63 | 3,58   | Alter: rezent |
| 8                           | Pyroxenandesit | Purgatorio      | 69,20 | 22,36 | 8,44 | 5,45 | 6,40             | 1,14 | 5,80 | 2,05 | 1,40 | 3,86   |               |
| 9                           | Pyroxenandesit | Zentraler Kegel | 67,56 | 25,52 | 6,92 | 5,29 | 6,31             | 1,10 | 6,18 | 2,81 | 2,35 | 2,84   |               |

Der Zentralkegel steigt 80 m schätzungsweise über dem Atrium auf. Der Gipfelkrater mit einem Durchmesser von 120 m war zur Zeit des Besuches von Friedländer und Stutzer 1925 mit einer explosiven Quellkuppe bis zum Rande erfüllt. Vorgeschichtliche Glutwolken und Schlammströme verraten ihre Spuren auf dem Ost- und Südabhang. Neben vorherrschend basischen Laven mit Augit und Olivin kommen sehr saure Andesite und Dazite in neueren Gängen vor.

Es sind folgende Ausbrüche bekannt geworden: 1580 7. Dez., 1616 4. Juli, 1690—1736 dauernde Tätigkeit; die nächste Ausbruchsperiode beginnt 1754 und dauert bis 1776, 1797 4. Febr., 1831 Mai, als Bousingault den Berg besuchte, wurden glühende Felsblöcke in die Höhe geschleudert. 1866—1869. Lavastrom 1866 in das Consacátal, die explosive Tätigkeit dauerte bis Mitte 1869. Steine wurden 1 km fortgeschleudert. Die Eruptionswolke erreichte eine Höhe von 8000 m, trigonometrisch gemessen. Die jüngste Tätigkeitsperiode erstreckte sich von 1924—1926. Größere Explosionen ereigneten sich am 9. Mai 1925 17 Uhr, 14. Mai 1925  $5\frac{1}{4}$  Uhr, 4. Aug. 1925,  $8\frac{1}{2}$  Uhr, 21. Nov. 1925, 31. Dez. 1925 (Friedländer). Die Ausbrüche dieses Vulkans tragen vorherrschend explosiven Charakter.

In etwas anderer Weise, als es hier geschehen, gruppiert Friedländer die Vulkane Bordoncillo, Moras Urcu, Galeras, Azufra de Túquerres, Serranía de Colimba, Cumbal, Chiles, Cerro Negro de Mayasquer, zu einem 100 km langen, von Osten nach Westen streichenden, nach Süden offenen Bogen.

### 3. Die Ostkordillere.

Die stolze Reihe der die Ostkordillere krönenden Vulkanriesen eröffnet der Sangay (Vulkan von Macas), 5323 m,  $2^{\circ}$  S.Br.,  $78^{\circ} 22'$  W.L.



Auf einem Postament kristalliner Schiefer erhebt sich der isolierte Kegel 1600—1700 m über seine Umgebung und ragt mit seinem Gipfel über die Schneegrenze. Trotz der ununterbrochenen Tätigkeit ist der Gipfel stark vergletschert, ein Beweis, daß die Durchwärmung nicht sehr stark sein kann. Spuren einer diluvialen Vereisung fehlen, so daß der Berg in der Hauptsache postglazialer Entstehung sein muß. In dem Rücken der Verde Loma glaubt Stübel die Spuren eines älteren Baues zu erkennen. Dem Gipfel ist ein calderaartiger Kraterkessel eingesenkt. Lockerprodukte spielen eine größere Rolle, während die Laven vorzugsweise gegen Osten in die unbewohnten Waldregionen von Macas abfließen. Der Berg erwachte 1728 als fünfter tätiger Vulkan Ecuadors. Seit nahezu 200 Jahren ist der Berg fast ununterbrochen tätig. Die vulkanische Phase ist die strombolianische. Im Dezember 1849 folgten die Explosionen alle 14 Sekunden, Stübel zählte 1870 Intervalle von wenigen Sekunden, Whympfer 1880 20 bis 30 Minuten, H. Meyer 1903 8—10 Minuten. Ruckweise wird eine blaugraue bis kupferbraune Eruptionswolke ausgestoßen, steigt, durch eine gewaltige aktive Kraft getrieben, bis zu 10—14 km empor und wird dann vom Ostpassat gefaßt. Die Aschenentladungen erfolgen gegen Westen, der Sangaystaub wird in das Alausibecken, ja bis Guayaquil und darüber hinaus in den Ozean getrieben. Er ist Haupterzeuger des Cangahuatuffes der Gegenwart in diesen Gegenden. Am Sangay überwiegen die aufbauenden Kräfte über die Erosion.

Die Laven des Vulkans sind nach Tannhäuser Hornblendeandesite und Pyroxenandesite, die bis zum Basalt reichen, der neue Lavastrom der Quebrada de la Chorera hat nur 51,41%  $\text{SiO}_2$ .

Ein alter Vulkan vom Typus des Altars ist der Quilimas, 4711 m,  $1^\circ 47'$  S.Br.,  $78^\circ 32'$  W.L. Das Kesseltal „El Pailon“ ist gegen Westen offen, aber wie Stübel beobachtete, sind nur die höheren Teile des Bergkranzes jungvulkanischer Natur, der Unterbau besteht aus alten Gesteinen.

Der Altar oder Collanes, 5405 m,  $1^\circ 40'$  S.Br.,  $78^\circ 28'$  W.L., ist die Ruine eines gewaltigen Vulkanes, größer als der Sangay. Er reitet auf der alten Kordillere, ohne sie völlig mit vulkanischen Massen zugeschüttet zu haben. Eine gewaltige Caldera mit zentralem Kegel, ein mit Schnee und Eismassen erfülltes Felsenamphitheater, sagt H. Meyer, öffnet sich gegen Westen und entsendet einen bedeutenden Gletscher in das Collanestal. Fast senkrecht stürzen die inneren Wände zum Boden der relativ hoch liegenden 1000 m weiten Calderabasis. Die höchsten Zacken des Randes sind Obispo, 5404 m, und der gegenüberliegende Canonico, 5355 m. Die Erosion und besonders die Glazialerosion hat die Caldera außerordentlich vergrößert. An keinem anderen Berge läßt sich die Einwirkung einer zweifachen diluvialen Vereisung mit solcher Klarheit erweisen wie am Altar. Der Calderaboden



setzt mit einer 300 m hohen, felsigen Steilstufe ab. Das Collanestal ist typisch trogförmig und zeigt die Hohlkehle, das „Tal im Tal“ als Beweis einer zweimaligen Vereisung. Die alten Endmoränen liegen in 3750 m Höhe. Andere Erscheinungen des Glazialreliefs vervollständigen das Bild. Der Berg befindet sich bereits im Erosionsstadium III, er ist sicher vor der Rißeiszeit aufgebaut worden. Die Laven des Altars sind nach Tannhäuser basische Pyroxenandesite, häufig olivinführend, und Basalte sowohl im Fußgebirge, wie auf dem Grunde der Caldera.

Der nächste Vulkanriese ist der jugendliche Tunguragua, 5087 m, 1° 32' S.Br., 78° 29' 30" W.L. Sein Gipfel ist völlig intakt ohne die geringsten Spuren einer Erosionswirkung. Dem Berge fehlen die Kennzeichen eines diluvialen Glazialgürtels, so daß er postglazialer Entstehung ist. Der Vulkan erhebt sich aus dem Tal des Rio Pastaza, das also bei seiner Entstehung bereits eingeschnitten gewesen sein muß. Von erheblichem Einfluß auf die spätere Entwicklung des Vulkans war der Untergrund. Der Vulkan reitet nämlich auf dem Steilhang der alten Kordillere. So ist seine Basis schief gestellt und auf der Nordseite fast 2000 m tiefer. Obschon der Berg der absoluten Höhe nach nicht der höchste ist, so übertrifft er doch mit einer relativen Höhe von 3200 m über der Talsohle des Pastazatals alle anderen Vulkane. Noch deutlich sind die Reste eines älteren Baues erkennbar, die vielleicht als alte Calderaränder zu deuten sind. Am Südhang ragen giebelartige Felsmassen bis in die Schneeregion hinein, die sich mit der Picachoformation am Cotopaxi vergleichen lassen. Deutlicher sind die Spuren auf der Nordseite, wo die Loma Pondoá ein Teil des alten Walles ist. Der junge, regelmäßige Aufschüttungskegel steigt 1000 m hoch und hat unter seinen Massen den ganzen alten Bau begraben. Der Kegel reitet auf dem alten Calderarand, er trägt eine 100 m mächtige Firnkappe. Klein ist die Gipfelkrateröffnung. Sie befindet sich — eine Folge der schrägen Basis — exzentrisch auf dem WNW-Außenhang. So liegt auch der südliche Kraterand 200 m höher als der nördliche, der Eruptionsschacht geht schräg in den Berg hinein. Die Entladungsrichtung des Berges muß daher nach Norden gerichtet sein. Eine schräge Runse geht auf der Nordseite von der Öffnung herunter, sie wurde wiederholt von Lavaströmen als Gleitbahn benutzt. Die Gesteine des alten Baues, aufgeschlossen in der Quebrada Ulva, sind nach Tannhäuser Pyroxenandesite und saure Glimmerandesite mit 67,47% SiO<sub>2</sub>. Basische Pyroxenandesite, z. T. olivinführend, bauen den jungen Kegel auf (vgl. Analysen S. 410, Nr. 1—3).

| Tunguragua     |                            | L     | M     | Q    | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Alter:<br>postglazial |
|----------------|----------------------------|-------|-------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|-----------------------|
| Basalt         | Vulkan Tunguragua, Ecuador | 70,68 | 33,12 | 3,80 | 6,80 | 4,07 | 1,89             | 6,95 | 3,18 | 5,92 | —    |                       |
| Pyroxenandesit | Vulkan Tunguragua          | 61,16 | 32,56 | 6,28 | 5,49 | 4,31 | 1,05             | 8,76 | 4,25 | 0,79 | 4,96 |                       |



Am Nordabhang der Loma Pondoá entspringt in 2600 m Höhe ein gewaltiger, über 12 km langer Lavastrom von Pyroxenandesit und ergießt sich in das Pastazatal bis Agoyan und hat den Durchbruchfluß durch die Ostkordillere zu einem See aufgestaut, bis das Wasser sich einen neuen Weg bahnte und bei Agoyan in einem Wasserfall herabstürzte. Der Strom liegt z. T. unmittelbar auf alten Schiefern, z. T. auf Flußgeröllen auf. Da der Fluß seinen Wasserfall schon ein beträchtliches Stück zurückverlegt hat, muß das Ereignis des Ausbruchs in vorgeschichtlicher Zeit länger zurückliegen.

In den Jahren 1776—1781 ergoß sich ein großer Strom aus dem Gipfelkrater über die Gleitbahn in das Tal des Juivi grande, der „Reventazon de Juivi“. Auch seine Lava ist ein Pyroxenandesit.

Der dritte Strom floß im Jahre 1886 aus und folgte der gleichen Bahn. Außer diesen Effusionen werden Ausbrüche noch erwähnt: 1641, 1776, 1777?, 1781, dann nach längerer Pause 1886 Jan., 1886 11. Jan.; 1903 sah ihn H. Meyer in Intervallen von 4—6 Minuten Dampfwolken ausstoßen.

Die Verbindung mit dem Quilindaña stellen die langgestreckte, ältere, andesitische Cordillere de Pillaro und der Páramo de Pansanche dar. Der Quilindaña, 4919 m, 0° 47' S.Br., 78° 21' 30" W.L., wird von Stübel mit dem Matterhorn verglichen, als ein Strebepfeilerberg mit einer gewaltigen, massiven, kraterlosen Gipfelpyramide. Die zwischen den einzelnen Strebepfeilern gelegenen Täler, die calderaartigen Hohlformen und die Gipfelpyramide denkt sich Stübel bei dem Emporquellen oder Aufstauen des Magmas primär angelegt. Gänzlich verschieden ist die Auffassung, die Reiß sich auf Grund gleicher Beobachtungen von diesem Gebilde machte. „Der Quilindaña in seiner heutigen Gestalt ist nur ein Skelett des ursprünglichen Baues, der seit dem Erlöschen der vulkanischen Tätigkeit der zerstörenden Einwirkung der Atmosphärien, der Erosion des fließenden Wassers und der Gletscher ausgesetzt war.“ Die Gipfelpyramide ruht auf einem domförmigen Unterbau.

Dieser Gegensatz in der Auffassung zwischen den beiden verdienten Forschern ist nie überbrückt worden. H. Meyer hat besonders den Quilindaña zum Gegenstand seiner glazialmorphologischen Studien erwählt. Er konnte um den Berg in 3975 m Höhe deutliche Spuren einer jüngeren diluvialen Vereisung (Würmeiszeit) in typischen Karbildungen, Moränenzügen, Trogtälern, glazialen Seen nachweisen. Spuren einer zweiten älteren Vereisung waren dagegen hier nirgends festzustellen. Die Meyerschen Forschungsergebnisse lehren, daß die Wahrheit zwischen den beiden Auffassungen von Reiß und Stübel in der Mitte liegt. Stübel hat, in seinen Theorien befangen, den Erosionsfaktor unterschätzt, während Reiß ihn allzu sehr überschätzt hat. Die glaziale Ausräumung ist kaum



imstande gewesen, den nach der Reißzeit erst entstandenen Vulkan schon bis zum Skelett zu zerstören.

Der Vulkan reitet auf der Grenze zwischen dem Ami und Chalupastal, die vor seiner Entstehung bereits vorhanden waren. Während pseudoparallele Ströme den Sockel aufbauen, wächst die Endpyramide als fester Lavadorn nach Art der Montagne Pelée wenigstens noch 600 m über die Kämme des Gebirges hinaus.

Nach den mikroskopischen Bestimmungen von Young sind die Quilindañagesteine Pyroxenandesite mit Hornblende und Biotit. Die Analyse

| Quilindaña |                               | L                            | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Alter: zwischen<br>Reiß- und<br>Würmeiszeit |
|------------|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|---|
| 4          | Hornblende-<br>pyroxenandesit | Toruno-<br>caldera<br>4400 m | 72,40 | 18,90 | 8,70 | 8,16 | 1,78             | 1,93 | 5,20 | 1,66 | 1,41 | 9,36  |

S. 410, Nr. 4, zeigt entschieden Trachytcharakter, ihr mittlerer Feldspat berechnet sich zu 21,33 Or, 68,84 Ab und 9,83 An, so daß die extreme Zähflüssigkeit solcher Magmen leicht verständlich wird. Der Berg ist erloschen und befindet sich im Erosionsstadium III.

Eine andesitische Staukuppe ist auf der Westseite der Morro de Chalupas, 4304 m. Young beschrieb von seinem Gipfel eutaxitische, glasreiche Pyroxenandesitlaven mit feinen perlitischen Rissen, mit Hornblende, Hypersthen, Labrador-Andesin. Er zählt den Morro zur Picachoformation des Cotopaxifußgebirges.

Der absolut höchste tätige Vulkan der Erde ist der Cotopaxi, 5943 m (Reiß, gemessen, als der Kraterrand durch kurz vorangegangene Eruption vom Eise befreit war), 6005 m, H. Meyer, 0° 41' S.Br., 78° 28' W.L. Im Bau des Vulkans sind zwei verschieden alte Teile zu unterscheiden, das Fußgebirge und der junge Kegel.

Zwei verschiedene Formationen bauen das Fußgebirge auf, die Picachoformation und die obsidianführende Bimssteinformation. Auf der Südseite des Kegels ragt in 4920 m Höhe ein schwarzer Felszacken aus der Schneebedeckung, der Picacho oder die Capeza de Cotopaxi, er besteht aus Pyroxenandesit und gehört als Rest einem älteren Bau an. Reiß betrachtet ihn als ein ähnliches Staugebilde, wie den Morro am Fuße des Quilindaña, die Laven ähneln sich auch petrographisch. Ebenfalls auf der Nordseite finden sich die Spuren der Picachoformation, z. B. an den Kuppen von El Salitre. Stübel faßt alle diese Reste als alte Randspuren einer Calderaumwallung auf. Die Aufschlüsse sind zu gering, um diese Frage zu entscheiden. Ebensowenig ist das gegenseitige Alter der Picachoformation zu dem anderen Gliede der Tuff-Formation festzustellen.

Die obsidianführende Tuff-Formation ist besonders im Norden an der Hornoloma und Incaloma frei von jüngerer Bedeckung. Von Young sind die Laven als Biotitandesite und Hornblendeandesite bestimmt.



| Cotopaxi |                    | L                            | M     | Q    | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Alter: zwischen<br>Riß- und<br>Würmeiszeit |
|----------|--------------------|------------------------------|-------|------|-------|------|------------------|------|------|------|------|--|
| 5        | Biotit-<br>andesit | Incaloma 4400 m<br>N.-W.-Fuß | 71,92 | 6,58 | 21,50 | 8,46 | 1,06             | 1,97 | 0,60 | 1,75 | 0,42 | 1,04                                       |

Das Gestein der Incaloma ist nach der Analyse S. 410, Nr. 5, ein Trachyt und entspricht dem Gipfelpyramidengestein des Quilindaña ziemlich genau, nur daß es etwas saurer ist. Damit dürfte auch das gleiche Alter anzunehmen sein, nämlich „interglazial“ zwischen Riß- und Würmeiszeit.

Die Incalomatrachyte sind in der Differentiation etwas weiter fortgeschritten und daher wohl etwas jünger. Die Picachogesteine sind basischere Pyroxenandesite, in denen sich nicht selten Olivin einstellt mit Plagioklasen, die zwischen Andesin und Anorthit variieren. Sie eröffneten sehr wahrscheinlich die Eruptionsperiode des Cotopaxi. Der jüngere Kegel des Cotopaxi, der den Untergrund fast vollkommen bedeckt, ist ein vulkanischer Kegel von modellartiger Erhaltung, dem die Erosion noch keine Wunden geschlagen hat. Diluviale Gletscherspuren fehlen gänzlich, ein weiterer Beweis für sein postglaziales Alter.

Die älteren Abbildungen des Vulkans übertreiben den Neigungswinkel der Gehänge. Die Profilkurve steigt mit 20—30°, wird allmählich steiler bis 35° und erreicht unter dem Gipfel Neigungen von 40—42°, im Maximum 45°. Da der Vulkan isoliert steht, wirkt seine Höhe und regelmäßige Kegelgestalt um so imponierender. Seine relative Höhe beträgt 2950 m. Die Gestalt des Berges ist nicht genau die eines Kreiskegels, vielmehr ist die Basis von Norden bis Süden etwas gestreckt, der Gipfel ist abgestumpft und endet in einem nahezu horizontalen Kraterand. Der Krater selbst ist elliptisch, wenn auch die Ausbrüche die Kraterdimensionen etwas verändern können, so mißt der Krater im Durchmesser von Norden bis Süden 800 m, von Osten bis Westen 700 m, die Tiefe beträgt 400—500 m.

Unterhalb des Kegels beobachtet man auf der Nordseite terrassenförmig übereinander gelagerte horizontale Lavabänke, die mit einer senkrechten Leiste abbrechen, deren Fortsetzungen in 5500 m als Lavawülste erhalten sind. Es sind das Ströme, die aus dem Krater entquollen sind und, weil die Neigung des Gehänges zu steil war, abrissen. Der Gipfel war zur Zeit des Besuches von Reiß und Stübel eisfrei. 1903, als Meyer ihn besuchte, lag eine 20—30 m mächtige Eishaube darüber. Die Schneegrenze ist von Reiß und 30 Jahre später von Meyer gemessen worden, ein Vergleich beider Zahlenreihen lehrt einen Rückgang der klimatischen Schneegrenze mit 100—200 m Höhendifferenz.

|      | Norden  | Westen  | Süden   | Osten  |       |
|------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1872 | 4760 m  | 4630 m  | 4630 m  | 4550 m | Reiß  |
| 1903 | 4900 m  | 4850 m  | 4730 m  | 4550 m | Meyer |
|      | — 140 m | — 220 m | — 100 m | — 0 m  |       |



Der Gipfel des Cotopaxi ist wiederholt bestiegen worden, zuerst von W. Reiß am 28. Nov. 1872. Damals zeigte der Krater nur geringe Fumarolentätigkeit, es war vor allem schweflige Säure, die zusammen mit Wasserdampf ausgehaucht wurde. Am 8. März 1873 erreichte Stübel den Gipfel, die Verhältnisse waren die gleichen, unter den Exhalationen herrschte die schweflige Säure vor.

Nach dem Ausbruch vom 26. Juni 1877 besuchte Th. Wolf den Krater am 9. September 1877. Das Kraterinnere hat das Aussehen der Oberfläche eines Blocklavastromes. Der Kegel war bis auf  $35-40^{\circ}$  durchwärmt. Die Ausströmungen bestanden aus  $\text{HCl}$ , von  $\text{SO}_2$  und  $\text{H}_2\text{S}$  war keine Spur wahrzunehmen, während letztere Gase erst viel tiefer am Hang in 5000—4600 m Höhe sich bemerkbar machten. Am 15. Januar 1878 erreicht Fhr. v. Thielmann den Krater, die Fumarolen stießen ruckweise Wasserdampf, hin und wieder mit Schwefelwasserstoff vermischt, aus, sehr wenig schwefelige Säure und keine Spur Chlorwasserstoff waren wahrnehmbar. In der Nacht vom 18./19. Februar 1880 verblieb Whymper auf dem Gipfel. Der Durchmesser des Kraters konnte von Norden bis Süden zu 701 m, von Osten bis Westen zu 501 m gemessen werden. In der Mitte des Kratergrundes in einer Tiefe von 366 m zeigte sich ein glühender Fleck von einem Zehntel des Kraterdurchmessers, die Spitze der Lavasäule. Alle halben Stunden stieß der Vulkan Dämpfe aus, die anscheinend reiner Wasserdampf waren. Die letzte Besteigung endlich führte H. Meyer am 14. Juli 1903 aus. Von Zeit zu Zeit stiegen Dampfballen mit schwefliger Säure aus dem Schacht hoch und hüllten den ganzen Krater in Dampf. Der Krater war vollständig vereist.

Von einem gewissen Interesse sind die Größendimensionen des Berges zum Vergleich mit anderen Vulkanen, wenn auch die Annahmen, die solchen Berechnungen zugrunde gelegt werden müssen, nicht frei von Willkür sind und dadurch der Wert der Zahlen beeinträchtigt wird. Reiß berechnet für den Cotopaxi die Grundfläche des Kegels zu 380 qkm, die Kegelhöhe zu 2144 m, das Volumen zu 272 cbkm, nach derselben Methode berechnet ergibt sich das Verhältnis der Volumina von Ätna : Cotopaxi : Vesuv = 1363 : 272 : 67. Eine kritische Würdigung der Höhenmessungen der französischen Akademiker in den Jahren 1738—1740 und der Vergleich mit den eigenen Messungen 1872 führte zu dem Ergebnis, daß der Berg in 130 Jahren 194 m an Höhe zugenommen hat. Das Volumen des größten neuen Lavastromes, des Manzana-huaico Volcan, wurde bei einer Länge von 3 km, einer mittleren Mächtigkeit von 25—30 m und einer Breite von 60 m zu 0,025 cbkm errechnet, was der Größenordnung der größeren Vesuvströme entspricht. Von besonderem Interesse ist der Versuch, die Zeit zu berechnen, in welcher der junge Cotopaxikegel aufgebaut wurde, wenngleich eine solche Rechnung naturgemäß sehr unsicher ist. Seit der Eroberung Ecuadors durch die Spanier sind, wie sich aus den Schlammfluten entnehmen läßt, die stets



durch Abschmelzen des Firns durch Lavaströme ausgelöst werden, 13 Lavaströme von Bedeutung ausgeflossen. Nimmt man an, daß 13 Lavaströme Lava von dem Volumen von 10 Strömen von der Größe des oben berechneten Stromes geliefert haben und rechnet man das doppelte Volumen auf Lockerprodukte, so ergibt das den Volumenzuwachs in 350 Jahren. Wenn dieser Betrag als Durchschnittszuwachs gelten kann, so würden zum Aufbau des Kegels 68 000 Jahre notwendig gewesen sein. Diese Zeit ist sicherlich zu hoch, denn sehr wahrscheinlich ist die Volumenzunahme in früheren Entwicklungsstadien schneller vor sich gegangen als in den späteren. Es wurde aber oben festgestellt, daß der Berg seit Beginn des Postglazials sich aufgebaut hat. Diese Zeit wäre zugleich die obere Grenze für die Zeit, die nach der letzten Würmeiszeit verstrichen ist. J. Walther hat in seinem Buch Bau und Bildung der Erde, S. 276, die Versuche, die Dauer der Postglazialzeit zu berechnen, kritisch zusammengestellt und auf die Unzulänglichkeit solcher Berechnungen hingewiesen.

Aus dem Zurückweichen des Niagarawasserfalls ist diese Zeit zu 7000, 25 000, 39 000, 50 000 Jahren geschätzt worden. Die Berechnung der postdiluvialen Zufüllung des Vierwaldstättersees nach Heim ergab 13 000, 36 000, 45 000, 48 000 Jahre. Penck nimmt 16 000 Jahre als wahrscheinlichen Mittelwert an. H. und R. Lehmann schätzen die Zeit seit dem Höhepunkt der letzten Vereisung auf 20 000 Jahre. Der Größenordnung nach fällt das Cotopaxialter in diese Zahlenreihe hinein.

Will man die monogene Entstehung eines Vulkans so verstehen, daß sein Aufbau in kontinuierlicher Weise in flottem Tempo, das sich gegen Ende verlangsamt, erfolgt, so stehen einer solchen Auffassung keine Bedenken gegenüber. Es gibt nicht allzuviel Vulkane, die heute noch aufbauen, sehr viel größer ist die Zahl der Berge, die im Abbau begriffen sind und durch Explosionen ihre Gipfelhöhe zerstören, die also ihren Kulminationspunkt überschritten haben.

Eine Eigentümlichkeit des Cotopaxi ist, daß seine Lavaströme Gipfelfeffusionen sind. Das schließt nicht aus, daß Flankenausbrüche auch vorkommen. Ein solcher ist z. B. der Lavaausbruch des Jahres 1742 gewesen, da Bouguer, La Condamin, Ulloa und Wagner übereinstimmend berichten, daß die Bocca des Stromes 500 m unter dem Gipfel sich geöffnet habe. Eine weitere Eigentümlichkeit des Berges sind die verheerenden Schlammfluten. Sie hängen mit seiner Eiskalotte zusammen. Reiß zeigte, daß jede Gipfeleruption durch schnelles Abschmelzen des Eises eine Avenida auslösen muß, so daß jeder auch ein Lavastrom entsprechen muß. Die Schlammströme des Cotopaxi sind Bd. I, S. 399 geschildert worden, es mag auf die dortige Beschreibung verwiesen werden. Der Berg läßt nach Reiß 7—8 frische Lavaströme erkennen, 13 Schlammströme dagegen sind geschichtlich verbürgt.



Ebensowenig wie es erwiesen ist, daß jeder Strom sein Dasein einem besonderen eigenen Ausbruch verdankt, es sind Ströme auch wohl gleichzeitig in verschiedenen Richtungen abgeflossen, können natürlich auch die gleichen Bahnen des öfteren benutzt worden sein, so daß sich die Ströme überdecken.

### Die Lavaströme des Cotopaxi.

1. Yana-sacha-Volcan ist ein Blocklavastrom auf der Nordwestseite. Er wird in 4840 m Höhe sichtbar, vor seiner Stirn liegt der Limpiopungosee. Es läßt sich dort feststellen, daß zwei Ströme übereinander liegen. Der Strom muß älter sein, da die Vegetation begonnen hat, auf seiner Oberfläche Fuß zu fassen.

Die Lava ist ein olivinführender Pyroxenandesit (Analyse S. 410).

| Lavaströme des Cotopaxi |                               |                            | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |        |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|--------|
| 6                       | Hornblende-<br>pyroxenandesit | Yanasacha<br>Volcan 4071 m | 70,72 | 18,30 | 10,98 | 5,63 | 6,42 | 1,09             | 4,12 | 1,37 | 2,41 | 2,50 | Rezent |

2. Tauri-pamba-Volcan ist ein ganz frischer Strom auf der Nordseite gegen die Incaloma, Ursprung im Eismantel des Kegels bei 4741 m. Die Lava ist ein schwarzer Pyroxenandesit mit Olivin und schließt nußgroße Quarze ein, ferner weiße Hornblendeandesitbimssteine.

3. Diaz-chaiana-Volcan auf der Nordostseite ist vielleicht im Jahre 1865 ausgeflossen. Young beschreibt von diesem Erguß schwarze Pyroxenandesitschlacken mit Olivin.

4. Chiri-machai-Volcan auf der Ostseite, als Ausbruchsjahre werden 1853 oder 1858 genannt. Das Gestein ist ein olivinführender Pyroxenandesit mit Quarzfremdlingen.

5. Puca-huaico oder Porterillos-Volcan auf der Ostseite, Ursprung in 4572 m, ein frischer olivinführender Pyroxenandesit.

6. Pumaucá oder Minas-Volcan auf der Südostseite, ein Arm hat sich auf der Südseite in das Minastal ergossen, Ende in 3762 m.

7. Manzana-huaico-Volcan auf der Westseite. Der Strom floß am 14. September 1853 aus, er beginnt in schwarzen Felsen in 5559 m Höhe, er teilte sich in vier verschiedene Arme und vereinigt sich wieder, um von 4600 m an in zwei Strömen in die Manzana-huaico- und Pucahuaicoschlucht abzufließen. Der Strom war 1872 noch nicht völlig abgekühlt. Aus demselben Jahr stammt noch ein zweiter Strom, dessen Lava außerordentlich dünnflüssig schräg über den Hang herabfloß und als schwarzer Streifen sich auffällig abhebt. Das Gestein ist ein Olivinpyroxenandesit.

8. Auf der Westseite existieren wahrscheinlich noch eine Zahl neuerer Ströme.

Ich bin bei dieser Aufzählung Reiß gefolgt. Stübel kommt zu einer anderen Gruppierung und Zählung. Das ist schließlich Auffassungssache.



Der Cotopaxi hat in folgenden Jahren Ausbrüche gehabt: 1534 Aschenausbruch und Schlammstrom gegen Westen, 1742 15. bis 24. Juni Aschen- und Flankenausbruch, Avenida gegen Westen, desgleichen Aschenausbruch 9. Dez., 1743 April, 27. April Aschen-, Lava- und Schlammströme gegen Westen, 1744 30. Nov. schwerer Ausbruch, Schlammströme nach Osten und Norden. Der Donner wurde in Guayaquil, Piura, Pasto und Popayan, nicht aber in dem nahe gelegenen Latacunga und Quito gehört. 1744 2. Dez., 1750 1. bis 3. Sept., 1766 10. Febr., heftiger Ausbruch, Avenida gegen Westen, **1768** 4. April, wieder ein sehr heftiger Ausbruch mit Schlammströmen gegen Westen, Norden und Osten, 1803 4. Jan. Asche, Schlammstrom nach Westen, 1844, 1845 April, 1850, 1851?, 1852, 1853 14. Sept. Asche, Schlamm, Lava nach Westen und Norden, 1854—1856 Schlammströme und Lava gegen Osten, 1858—1859, 1866 16. bis 21. Sept., 1870 bis 1875 schwache Tätigkeit, **1877** 26. Juni, 10 Uhr der gewaltigste Ausbruch, den der Berg in historischer Zeit gehabt hat. Wieder wurden die Detonationen in weiter Ferne in Guayaquil gehört, nicht aber in Latacunga und Quito. Ein verheerender Schlammstrom richtete seine Fluten gegen Mulaló und Latacunga. P. Sodiro schätzt die Schuttmassen, die die Brücke von Baños passierten, auf 43 Millionen cbm. Die gegen Osten gerichteten Fluten sollen noch in Napo in einer Entfernung von 180 km Verwüstungen angerichtet haben.

Eine Eruptionswolke stieg bis 8000 m Höhe (P. Sodiro). Die Asche war äußerst fein und verdunkelte die weitere Umgebung des Berges. Sie wurde weit durch die herrschenden Ostwinde verweht in Tiupullo und Machachi, 15 und 20 km, vom Gipfel fielen 15 mm, in Quito 50 km 6 mm, in Latacunga etwa 35 km südlich noch weniger.

Dagegen wurden in Guayaquil in 230 km Entfernung in den ersten 30 Stunden 315 kg auf einen Quadratkilometer und am 30. Juni in 12 Stunden noch 209 kg bestimmt. Der Küstendampfer Islay nahm in 334 km Entfernung den Aschenfall wahr. Weiter erfolgte 1878 23. Aug. ein Aschenausbruch mit Lavaausfluß. 1879, 1879/1880. Am 3. Juli 1880 konnte Whymper vom Chimborazo aus diesen Cotopaxiausbruch beobachten. Eine schwarze Aschensäule stieg in weniger als einer Minute bis zu 12 000 m auf. 1883, Ende Aug., kurz aber heftig, 1885 23. Juni, 1886 12. Jan. Die letzte Tätigkeitsperiode dauerte von 1903—1906. 1903 26. Sept. Asche, wenig Lava und kleine Schlammströme, 1904 14. Nov., 1906 21. bis 25. Aug., 1904 17. bis 19. Sept.

Irgendwelche Gesetzmäßigkeiten sind im Rhythmus der Cotopaxiausbrüche nicht zu erkennen. Reiß stellte fest, daß nach einer Ruhepause von 218 Jahren die großen Ausbrüche in Intervallen von 24, 35, 50, 24 Jahren folgten.

Weit gegen Osten vorgeschoben und aus der Ostkordillere herausfallend



findet sich im Napogebiet ein Vulkan von ausgezeichneter Kegelform, Sumaco, 3870 m, nach Sinclair und Wasson unter  $0^{\circ} 33' \text{ S.Br.}$ ,  $77^{\circ} 40' \text{ W.L.}$

Die Forscher haben diesen entlegenen und schwer zugänglichen Vulkan nur aus der Ferne einmessen können und nicht selbst besucht. Ein am 7. Dezember 1843 in der Provinz Quito beobachteter Aschenregen kam nach Wolf über den Sara-urcu hinweg vom Osten und rührt sehr wahrscheinlich von dem Sumaco her.

Der nächste große Vulkan der Ostkordillere ist der Antisana, 5756 m,  $0^{\circ} 30' \text{ S.Br.}$ ,  $78^{\circ} 5' \text{ W.L.}$  Von ihm besitzen wir eine eingehende Schilderung aus der Feder von W. Reiß. Wie der Cotopaxi setzt sich der Berg aus zwei Einheiten zusammen, dem Fußgebirge und dem jüngeren Kegel. Die ältesten Laven innerhalb des Fußgebirges sind sehr charakteristische saure Perlite und Obsidiane, sie sind weiter nördlich im Guamanígebirge zu besonderer Entfaltung gelangt. Sie sind zugleich die ältesten Laven von Ecuador, die den jungen Vulkanismus einleiten. Elich hat sie beschrieben. Nach den Analysen S. 412, Nr. 1—13 kann man sie als Natronliparite bezeichnen. Diese charakteristischen Gesteine finden sich in den interandinen Mulden häufig in den Tuffablagerungen. Die Anordnung der Ausbruchspunkte ist eine lineare, so daß die Ergüsse wohl als Spaltenergüsse angesprochen werden dürfen. Vom Yana-urcu, südwestlich vom Antisana über den Urcu-cui, läßt sich die „Guamaníformation“ bis zum langgestreckten Rücken Guamaní, 4500 m, verfolgen. Diese perlitischen Liparite haben sich sicherlich vielleicht mit Unterbrechung weiter nach Norden erstreckt. In Columbien sind solche Liparite von der Loma de Ales als Dazitperlite von K ü c h beschrieben und analysiert worden (Analysen S. 416, Nr. 12). Noch weiter nördlich kommen Obsidiane bei Cali im

|    |                            |                                      | L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |   |
|----|----------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------------------|------|-------|------|------|---|
| 5  | Perlit                     | Tablon de Itulgache<br>3361 m        | 52,40 | 11,16 | 36,44 | 8,30 | -1,75 | 2,09             | 1,41 | 1,11  | 0,65 | 0,44 |   |
| 6  | Obsidian                   | Encañada,<br>Corral de Itulgache     | 62,56 | 1,14  | 36,30 | 7,43 | 0,79  | 1,72             | 0,13 | 0,06  | —    | 0,76 |   |
| 2  | Obsidian m.<br>Lithophysen | O.-Urcucui,<br>Antisana-Fuß          | 62,00 | 2,75  | 35,25 | 6,89 | 1,72  | 3,15             | 0,64 | 0,11  | —    | 1,25 | Guamaní-<br>Laven:                        |
| 12 | Perlit                     | Guaitara, Loma de<br>Ales, Columbien | 61,57 | 4,42  | 34,01 | 6,03 | 3,02  | 1,60             | 1,37 | -1,25 | 0,33 | 1,02 | Natron-<br>liparite:                      |
| 7  | Perlit                     | Tablon de Itulgache                  | 64,32 | 5,82  | 29,86 | 7,73 | 0,62  | 2,92             | —    | 0,98  | 1,93 | —    | Älteste<br>Laven                          |
| 1  | Liparit-<br>obsidian       | Barbon-pata,<br>S.-O.-Urcucui        | 66,08 | 6,93  | 26,99 | 8,38 | -0,12 | 1,39             | 0,85 | 1,55  | —    | 1,53 | Ecuadors.                                 |
| 11 | Obsidian                   | Filon de los Corales<br>4300 m       | 57,64 | 12,10 | 30,26 | 6,83 | 0,75  | 3,13             | 1,74 | 2,33  | 1,98 | —    | Alter:<br>frühquartär<br>oder<br>Pliozän. |
| 12 | Sphärolith-<br>pechstein   | Oyacachi, Ostseite<br>Guamaní        | 60,56 | 5,94  | 33,50 | 7,33 | 0,48  | 2,69             | 0,33 | 0,58  | 2,06 | —    |   |
| 13 | Sphärolith-<br>obsidian    | Cerro del Quinche                    | 67,80 | 7,34  | 24,86 | 8,17 | 0,61  | 3,00             | 1,05 | 1,80  | 0,82 | —    |   |
| 1  | Obsidian                   | Cali, Cauca                          | 61,45 | 0,98  | 37,57 | 7,46 | —     | 3,27             | 0,46 | —     | —    | 0,06 |   |



Caucatal vor. Die Obsidiane haben ein brauchbares Material für menschliche Werkzeuge geliefert.

Die Guamaniformation wurde von den Andesiten des Flußgebirges, das im Chacana Mirador mit 4653 m kulminiert, teilweise überschüttet. Der Chacana ist eine alte, 280 m tiefe Caldera. Am Tablarumi beobachtete Reiß folgendes Profil: Zu unterst schwarze pyroxenandesitische Lava, dann Tuffschichten mit Bimssteinen, Aschen und Schlacken, darüber 100 m agglomeratische Massen mit einer Gipfellava von schwarzem glasigen Pyroxenandesit; die letzten Ausbruchspunkte zeigen noch erkennbare Formen. Wie ein kleiner Mondkrater mutet die Chusalunge, 4720 m, an. Gewaltige massige Pyroxenandesitmassen bilden den ringförmigen Wall um eine 370 m tiefe Senke.

Der Antisana ist nach H. Meyer neben dem jungen Moränengürtel noch von einem älteren diluvialen in 3950—3900 m Höhe umgeben. Wenn auch die alte Glaziallandschaft teilweise von den jüngeren vulkanischen Produkten verschüttet ist, so beweisen ihre Spuren jedenfalls, daß die Anlage des Berges wenigstens bis in die Würmeiszeit zurückreicht, dementsprechend wird man das Alter des Fußgebirges anzusetzen haben.

Der junge Kegel des Antisana ist teils auf den höchsten Kämmen des Fußgebirges, teils auf der kristallinen Ostkordillere unmittelbar aufgesetzt, mit einer relativen Höhe von 1700 m. Ein verhältnismäßig kleiner, von 1000 m hohen Wänden umgebener Krater öffnet sich gegen Süden. Seine Gestalt gleicht einem sphärischen Dreieck mit den Durchmesserdimensionen 1,8—1,4 km. Eine Anzahl jüngerer Lavaströme sind an den Bergflanken sichtbar.

1. Sara-huazi-Volcan kommt in 4714 m unter der Eiskalotte zum Vorschein und endet bei Inca-pirca in 4177 m. Er ist in mehrere Arme zerteilt und von frischem Aussehen. Seine Lava ist nach Elich Pyroxenandesit.

2. Guagra-ialina-Volcan oder Volcan de la Hacienda, ebenfalls auf der Westseite, ist der größte Lavastrom. Er entspringt in 4670 m unter dem Eise, der 40—50 m mächtige Blocklavastrom wird etwa 4 bis 5 km lang.

3. Yana-Volcan zieht sich auf der Nordseite als schwarze Mauer den steilen Hang herab. Von 5053 m bis 4604 m — der Strom ist an seinem oberen Ende kaum 150 m breit —, füllt er eine Schlucht aus und quillt mit einer Breite von 300 m hervor. Der schwarze Pyroxenandesit ist reich an Quarzfremdlingen.

4. Mauca-machai-Volcan kommt auf der Nordseite in 4800 m aus dem Eise hervor und geht bis 4258 m herab.

Aber nicht nur der Antisanakegel, auch das Fußgebirge hat noch in jüngster Zeit Lavaströme gefördert.



1. Volcan de Porterillos oder Volcan de Papallacta hat oberhalb Papallacta den Cachi-yacu zu einem See aufgedämmt. Am Hang des 4104 m hohen Porterilloshügels bricht in 3947 m eine zähflüssige Lava hervor, staut sich über ihren Austrittspunkt zu einer Andesitkuppe auf, die nachdringende Lava schiebt die halberkaltete Kuppe auseinander, nach viermaligem Ansetzen tritt aus einer ringförmigen Umwallung der oben beschriebene Strom hervor. Er nimmt seinen Ursprung aus einer massiven Kuppe, nach Reiß ein Methana im kleinen. Der Circus besitzt nur einen Durchmesser von 300 m und ist 20—30 m tief. Auch er ist ein Blocklavastrom von Pyroxenandesit.

2. Reventazon de Cuscungu entspringt am Westabhang des Tablarumi, 4350 m, und ist nur kurz, es ist ein blauer Amphibolpyroxenandesit.

3. Reventazon de Antisanilla oder Volcan d'Ansango. Vulkanische Explosionen haben zwei kleine halbkreisförmige Einsenkungen in die Westwand der Puma-loma gesprengt, die „Hornillos“ = kleine Öfen.

Von dem Chacana läuft der Cachiyacuflo als Rücken nach Westen, die Pumaloma ist der Nordabhang. Hier entspringt aus einem kleinen Lavastrom der erste Antisanillostrom. Er ist zum größten Teil von dem großen Reventazon dieses Namens verdeckt worden, von dem man nur weiß, daß er im Jahre 1767 bereits vorhanden und aus dem 18. Jahrhundert stammt. Möglicherweise ist der Strom 1728 ausgeflossen. Der zweite große Antisanillastrom erreicht eine Länge von 8—10 km und entspringt aus einem 93 m tiefen Explosionskessel von 500—600 m Durchmesser, der etwas weiter talaufwärts in 4077 m Höhe liegt. Im Grunde dieses Talkessels erhebt sich ein 30 m hoher halbmondförmiger Lavawall und umschließt einen Circus von 200 m Durchmesser und 20 m Tiefe, die Innenabstürze bestehen aus 15 durch Spalten getrennten konzentrischen Lavaleisten. Aus dieser engen kraterförmigen Vertiefung quillt der mächtige Lavastrom hervor und floß nach außen ab, während ein Teil sich zu einer 12—15 m hohen zentralen Lavakuppe aufstaute. Auf kurze Zeit sich talaufwärts aufstauend eilt die Lava in drei Arme geteilt in die Schlucht des Rio Isco, oft ist die Mitte des Stromes eingesunken, ein Kanalbett mit hohen Uferwällen bildend. Am Rande des Plateaus stürzt der Strom in einer gewaltigen Kaskade 795 m in das bedeutend tiefer eingeschnittene Haupttal in 3390 m herab. Die Lavaschollen sind in den bizarrsten Formen übereinander getürmt. Der Strom endet in der Quebrada Guapal bei 3046 m. Der Strom besitzt also auf 10 km Länge ein Gefälle von 1139 m.

Die Eigenart der Antisanaströme allgemein besteht aus einem ruhigen Hervorquellen zähflüssiger Lava, weder Schlackenkegel, noch Agglomerate oder Tuffschichten sind gebildet worden, wenn auch explosive Erscheinungen nicht ganz fehlen, so treten sie doch stark zurück.



Zwei Ströme gleichen Charakters fließen vom Westabhang des Guamanígebirges in die Quitomulde, der große Strom von Paluquillo und der kleine von der Hazienda Chantang weiter nördlich.

Die erstere Lava ist ein Pyroxenandesit (vgl. Analyse S. 410, Nr. 4). Da diese Ströme bereits von der Erosion angeschnitten sind, sind sie älter.

|   |                | Antisana                     | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |                               |
|---|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|-------------------------------|
| 3 | Pyroxenandesit | Westende Laguna Papalacta    | 59,48 | 13,55 | 26,97 | 5,67 | 3,53 | 1,35             | 3,59 | 1,93  | —    | 2,51 | Rezent.                       |
| 4 | Pyroxenandesit | Zw. Paluquillo und Jalugotal | 64,42 | 10,66 | 24,92 | 3,86 | 8,36 | 0,71             | 3,22 | -0,10 | 0,37 | 3,48 | Von der Erosion angeschnitten |

Obschon der Antisana nicht zu den allerjüngsten Vulkanen gehört, ist er bis in die Gegenwart hinein tätig gewesen, wenn auch die Nachrichten über Ausbrüche mehr wie dürftig und unsicher sind. 1590?, 1728 Ausbruchsjahr des Antisanillastromes?, 1801 sah v. Humboldt ihn rauchen.

Im weiteren Verlauf der Ostkordillere folgt in der Fortsetzung des Guamanígebirges der Cerro Puntas, 4462 m, die Umwallung eines in 4100 m liegenden weiten Kraters. Die Gesteine sind nach Elich olivin-führender Pyroxenandesit.

Es folgt der Pamba-marca, auch zu Ehren der französischen Akademiker Frances-urcu genannt, 4093 m, 0° 50' 30" S.Br., 78° 13' 30" W.L., ein stumpf dom- oder kegelförmiger Berg, der vom Fuß bis zum Gipfel mit Cangahua überzogen ist; die Gesteine des Pamba-marca sind nach Elich Liparite. Die zuletzt betrachteten Vulkane sind mit dem Fußgebirge des Antisana auf gleiche Stufe zu stellen.

Auf der alten Westabdachung der Ostkordillere sitzt der Cayambe, 5840 m, 0° 1' N.Br., 78° 0' W.L., der dritthöchste der ecuatorianischen Vulkane. Der Berg stellt eine stark vergletscherte steile Pyramide dar, die etwa mit dem Quilindaña verglichen werden darf. Sein Fußgebirge ist die aus älteren Andesiten bestehende Cordillere de Angochagua. Nach Esch bauen vorwiegend Hornblendeandesite den Berg auf.

Die Analyse S. 414, Nr. 1 ist ein Trachyt, der gut zu den Gipfelgesteinen des Quiliñdana paßt.

Als letzter Berg der ecuatorianischen Reihe sei noch der gegen Westen vorgeschobene Cusin-urcu, 4012 m, 0° 9' N.Br., 78° 9' 30" W.L., genannt, ein Calderaberg ohne Eruptionskegel mit tiefliegender Calderabasis, offenbar im Erosionsstadium III befindlich; an seinem Ostfuß liegt der kleine jüngere Ausbruchskegel Muy-urcu.

Nach dem Querriegel Alto de Boliche tritt die Ostkordillere in Columbien ein. Soweit sie von jungvulkanischen Massen überdeckt ist, bildet sie Berge ohne typische Vulkanformen, andesitische Páramo, von gleichem Charakter, wie in Nordecuador. Im Páramo de Frailejon, 1° 11' N.Br., 77°



29' W. L., erscheint an der Loma de Ales die Guamaniformation mit ihren perlitischen Lipariten (Analyse S. 416, Nr. 12). Der Vulkan Pasto ist als interandiner Vulkan bereits beschrieben worden. Der Ostkordillere gehört noch der Bordoncillo, 3699 m, an, er ist der letzte Vulkan der geographischen Ostkordillere, die sich weiter nach Norden als Zentralkordillere fortsetzt, aber genetisch Ostkordillere bleibt.

Der Bordoncillo ist ein alter Calderaberg, seine Caldera ist aber fast bis zur Unkenntlichkeit zerstört, in seinem Circus erhebt sich der jüngere Kegel Cerro Campanero, von stromartiger Lava umflossen, die bereits bewaldet ist. Nach K ü c h ist die Lava ein Basalt mit 46,45%  $\text{SiO}_2$ . An seinem Südfuß liegt der See La Cocha, 2749 m, nach Friedländer durch Senkung des oberen Teiles des Erosionstales entstanden. Wenn auch glaziale Untersuchungen nicht vorliegen, so kann doch mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß das Gebirge älter als die Vereisung ist. Westnordwestlich von ihm liegt die Vulkanruine des Moras Urcu.

Mit dem Cerro Juannoi, einem Andesitvulkan, ist der Tajumbina-bezirk erreicht, ein wenig erforschtes und schwer zugängliches vulkanisches Gebiet ( $1^\circ 16' 24''$  N. Br., Reiß). Cerro Tajumbina, 4125 m, hat saure Andesite geliefert, die neben Quarz Olivin führen. Weiter gegen Norden erstreckt sich der Páramo de Animas, 4242 m, der die Verbindung mit der Cordillera de la Fragua herstellt, dem Gebirgsknoten, von welchem die Teilung der Zentral- und Ostkordillere ausgeht. Der Cerro de las Petacas, eine Quellsuppe, ist dem Páramo de Animas westlich vorgelagert. In dieser Gegend konnte Reiß eine Anzahl junger Ausbruchspunkte von frischem Aussehen feststellen. Friedländer nennt den Cerro Potosí, 3800 m, nordwestlich von ihm liegt der Vulkan Dona Juana, 4250 m.

Die kristallinen Schiefer seines Untergrundes reichen bis 2500 m, so daß der eigentliche Vulkan nur eine Höhe von 1700 m besitzt. Ein Sommayall von 3600—3800 m umgibt den Hauptgipfel, von dem beim letzten Ausbruch zwei Glutwolken oder Schlammströme ihren Ausgang nahmen. Am 20. April 1899 Ausbruch, 13. Nov. 1899 wiederholter Ausbruch.

Der erste Vulkan der geographischen Zentralkordillere ist der Sotara, 4435 m. Der Berg nimmt eine westliche Vorpostenstellung ein. Der stumpf abgeschnittene Kegel, eine Quellsuppe, trägt einen kleinen Krater, eine alte Kraterumwallung scheint den Berg zu umgeben.

In seinem Unterbau erscheint im Westen die saure Guamaniformation, obsidianführende Tuffe sind im Tal des Rio Quilcace gefunden.

Als zweithöchster Kegel der Sierra de Cocunoco steigt der Pan de Azúcar zu 4670 m Höhe an, ein regelmäßiger Kegel, der dauernd eine Firnkappe trägt. Während man Ausbrüche dieses Vulkans nicht kennt, ist sein Nachbar, der Puracé, 4700 m (4900 m Friedländer), tätig. Die



Position des Dorfes Puracé bestimmte Reiß zu  $2^{\circ} 23' 12''$  N. Br.,  $76^{\circ} 15' 30''$  W. L.

Der polygene Andesitvulkan hat die Gestalt einer stark abgestumpften Pyramide, er besitzt einen kreisrunden Gipfelkrater in Gestalt eines kreisrunden Trichters. Der erste Ausbruch, der bekannt geworden ist, fällt auf den 18. Nov. 1827, zwei Tage nach einem starken Erdbeben. Mosquera verlegt diesen Ausbruch in die Cordillere de la Fragua, diesen apokryphen Vulkan hat aber bislang kein Geologe gesehen. 1835 Jan., 1849 Dez. sehr starker Ausbruch, Einsturz des Gipfels, verheerende Schlammströme. Der neue Krater hat einen Durchmesser von 100 m. 1869 4. Okt. Auswurf von Asche und Bomben. Zwischen Popayan und Puracé sind hellgraue Obsidianscherben verbreitet.

Das Andesitgebiet von Silvia und des Rio Coquiyo verbindet den Puracé mit dem Huila, 5750 m,  $2^{\circ} 35'$  S. Br.,  $75^{\circ} 59'$  W. L., dem höchsten der columbischen Vulkane. Der prachtvolle Vulkanbau überragt die kristalline Cordillera de Santo Domingo um 3800 m und wirkt durch seine relative Höhe um so imposanter. Die Position des Dorfes Huila wurde von Stübel zu  $2^{\circ} 46' 10''$  N. Br.,  $75^{\circ} 58' 30''$  W. L. eingemessen. Der mehrgipflige Berg ist von einer Firnkappe bedeckt, von der kleine Gletscherzungen sich ablösen. Eine meist schwache Fumarolentätigkeit ist dauernd zu beobachten.

Nach einer längeren Lücke folgt der nördlichste Vulkanbezirk Columbiens, der Herveo-Tolima-Bezirk. Die Reihe eröffnet Machin, 2600 m; ein Sommawall umgibt eine Anzahl zentraler Hügel, im Atrium Wasserdampf-fumarolen.

Der Tolima, 5525 m (rel. 1800 m), ist ein an seiner Spitze abgestumpfter Kegel, Schneegrenze in 4800 m. Nach Stübel ist der Berg jünger als der Taleinschnitt des Rio Combeima, nach Friedländer zeigt er alte Moränen und Karseen. Der Berg hat manche Analogien mit dem Tunguragua, so sieht man zahlreiche schwarze Lavaströme unter der Eiskalotte entspringen. Der vereiste Gipfelkrater ist hufeisenförmig. Ein verheerender Ausbruch vom 12. März 1595 und ein anderer vom März oder Mai 1826 wird dem Tolima zugeschrieben. Die Laven des Tolima sind zähflüssige Augithypersthenandesite mit Hornblende. Die Ströme haben eine große Mächtigkeit, aber geringe Länge. Über den Ausbruchspunkten türmen sich Quellsuppen, Türme und Zacken auf, die Ausbrüche sind stark explosiv, das scharfkantige Explosionsmaterial ist in der Ebene aufgehäuft.

Es folgen Nevado de Quindio, 5150 m, Nevado Paloma, und weiter der Nevado de Santa Isabel, 5100 m. Ein tätiges Zentrum ist der Vulkan Ruiz, 5700 m. Eine Reihe von Ausbrüchen werden ihm zugeschrieben: 1829, 1831, 1833, 1845 19. Febr. mit einem gewaltigen



Schlammstrom nach Art der Cotopaxischlammströme, offenbar ist es zu Lavaergüssen und Firnabschmelzungen dabei gekommen. Die Vulkane sind häufig miteinander verwechselt worden, so daß die Unsicherheit bestehen bleibt, ob die Lokalisationen richtig sind, so zweifelt sie z. B. Stübel an. Der letzte Vulkan ist die *Mesa Nevada de Herveo*, 5600 m, ein langer Rücken mit fast horizontaler Kammlinie und breiter Schneebedeckung, nahe ihrem Nordende entsteigt von einem Punkt aus eine dünne weiße Dampfsäule als Beweis einer Fumarolentätigkeit. Reiß maß die Position zu  $4^{\circ} 37' 41''$  N. Br.,  $74^{\circ} 29' 15''$  W. L.

Am Herveo findet sich ein kleiner frischer Ausbruchskegel, der Cerro Olleta, 4900 m.

### Zusammenfassung.

Der ecuatorianisch-columbische Vulkangürtel erstreckt sich über 7 Breitengrade. Gezählt sind 80 vulkanische Einheiten, die sich zu 35% auf die Westkordillere, 29% auf die interandine Region und zu 36% auf die Ostkordillere verteilen. Der Rückgangsindex, das ist die Prozentzahl der erloschenen Vulkane, ist 78%, 10% Vulkane sind effusiv, 4% explosiv und 8% solfatarisch tätig. Vergleicht man die drei Gebiete untereinander, so erhält man folgende Übersicht:

|                        | Westkordillere | Interandin. Reg. | Ostkordillere |
|------------------------|----------------|------------------|---------------|
| Zahl der Einheiten:    | 28             | 23               | 29            |
| Effusiv tät. Vulkane   | 0%             | 9%               | 21%           |
| Explosiv tät. Vulkane  | 4%             | 0%               | 7%            |
| Solfat. tätige Vulkane | 11%            | 4%               | 7%            |
| Erloschene Vulkane     | 85%            | 88%              | 65%           |
| Es sind entstanden:    |                |                  |               |
| Vor der Rißeiszeit     | 50%            | 39%              | 55%           |
| Vor der Würmeiszeit    | 18%            | 13%              | 17%           |
| Postglazial            | 32%            | 48%              | 28%           |

Diese Zahlen lehren, daß die Westkordillere und die interandine Region nahezu erloschen sind, die Ostkordillere dagegen noch in der Gegenwart der Schauplatz eines regen Vulkanismus ist. In den anderen Abschnitten der südamerikanischen Kordillieren war umgekehrt die Westkordillere der Zug, der die tätigen Vulkane trug.

In der Westkordillere ist die Hälfte aller Vulkane bereits vor der vorletzten diluvialen Vereisung entstanden, ein Drittel ist nach der Eiszeit hinzugekommen. Die interandine Region ist jünger, ihre Vulkane sind fast zur Hälfte postglazialer Entstehung. Die Vulkane der Ostkordillere sind fast ebenso alt wie die der Westkordillere, nach den Zahlen sogar etwas älter.



Man muß aus diesen Daten entnehmen, daß der Hauptherd unter der Ostkordillere liegt. Aus der von Th. Wolf festgestellten Tatsache, daß in den diluvialen Schottern der Flüsse des ecuatorianischen Tieflandes, welche die Westkordillere durchbrochen haben, nur ältere Gesteine der beiden Kordilleren, Porphyrite der Kreide, aber keine Andesite vorhanden sind, muß geschlossen werden, daß die sonst so verbreiteten tertiären Andesite in diesem Abschnitt fehlen. Es klafft also zwischen dem mesozoischen und diluvialen Vulkanismus eine lange zeitliche Lücke. Granitische, dioritische Massive sind zwar verbreitet, sie haben Kontakterscheinungen an den angrenzenden Tonschiefern ausgeübt, aber für ein jugendliches Alter und ihre Zugehörigkeit zur Andengesteinsreihe fehlen die Beweise.

### Rückblick.

Will man den Versuch machen, die in diesem Kapitel beschriebenen vulkanischen Ereignisse in das stratigraphische Schema einzugliedern, die Eruptionsfolgen und ihre Abhängigkeiten von den tektonischen Ereignissen festzustellen, so stößt man auf erhebliche Schwierigkeiten, die verschiedene Ursachen haben. Wo fossilführende marine Schichten vorhanden sind, ist eine stratigraphische Einordnung durch den Faunenvergleich leicht möglich. Diese Methoden versagen aber bei fossilleeren, terrestrischen Ablagerungen. Hier müssen morphologische Betrachtungsmethoden an ihre Stelle treten. Die Aufsuchung von Rumpfflächen, Erosionsdiskordanzen, Terrassen, führt zwar zu einer Gliederung, aber die allgemeine zeitliche Gleichstellung der Ereignisse über große Entfernungen ist auf diesem Wege nicht immer mit der gleichen Schärfe möglich.

Weitere Schwierigkeiten ergeben sich bei der Feststellung des Alters der Eruptivgesteine. Ist in vielen Fällen schon das relative Alter der verschiedenen Eruptiva, ihre Eruptionsfolge, unbekannt oder nicht sicher festzustellen, so fehlen die Anhaltspunkte bei der Eingliederung von Eruptivgesteinen in das stratigraphische Schema ganz. Zwar kennt man wohl immer das relative Alter des Eruptivgesteins zur nächsten Umgebung, doch bleibt der Spielraum für eine genauere Fixierung zu groß. Weiter wäre zu exakten Vergleichen die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Gesteine sehr erwünscht. Zur Analyse werden gewöhnlich auffällige Gesteinstypen gewählt, die verbreitetsten Typen, die gerade besonders für derartige vergleichende Untersuchungen wichtig sind, werden chemisch nicht untersucht.

Wenn trotzdem der Versuch einer Gliederung gewagt wird, so bin ich mir der Unvollkommenheit und Lückenhaftigkeit eines derartigen Beginns durchaus bewußt.

Die Vorgeschichte der Anden mag mit der jungpaläozoischen Faltung der Vorkordilleren beginnen. Im Zusammenhang mit dieser Orogenese



während der jüngeren Permzeit oder etwas später drangen Granitintrusionen auf und im Anschluß daran folgende Formationen:

### 1. Triassische Porphyritformation.

Sie besteht nach Backlund aus leukokraten Porphyriten, die jünger als die erwähnten Granite, aber älter als Lias sind.

Gabbroartige Olivindiabase durchbrechen sie in Gängen, die dazu gehörigen Decken mögen der Erosion zum Opfer gefallen sein.

Während dieser Zeit kamen die grellroten jüngeren Paganzosandsteine zur Ablagerung. Epirogenetische Senkungen beherrschen die Krustenbewegungen.

### 2. Die liassische (rhätische?) Spilit- und Keratophyritformation.

Spilite, Albitdiabase und Quarzkeratophyre durchbrechen die vorige Porphyritformation. Natrongranite und Monzonite sind ihre Äquivalente, sie sind etwas älter als die Effusiva. Sie finden sich besonders in der liassischen Geosynklinale von Mendoza und Neuquén. Senkungen herrschen vor, lokale Hebung durch Undulationen.

### 3. Jurassische Porphyritformation.

Auf der Grenze Dogger/Malm setzt eine neue Orogenese ein, die auf die chilenische Küstenregion beschränkt bleibt. Mächtige, z. T. submarine Ergüsse von Porphyriten, Quarzporphyren und Melaphyren mit Tuffen und Konglomeraten gelangen in Chile, Peru und Argentinien zur Ablagerung. Nephelinbasanite im Vorland gehören diesem vulkanischen Zyklus an. Melaphyrdecken schließen in der Rolle von Plateaubasalten diese Periode ab.

Die Krustenbewegungen behalten denselben Sinn, vorwiegend Senkung.

Eine große Erosionsdiskordanz schafft eine Rumpffläche, die man als Präcalchaqui-Rumpf bezeichnet. Während der unteren Kreide herrscht Ruhe. Über diesem Rumpf liegen die roten Pucasandsteine. Die Sandsteine von Azogues in Ecuador entsprechen dem Wealden, in Columbien sind die Jironschichten (Hautrivien) und die Villetaschichten Barrémien bis Aptien marin entwickelt. Auf der Grenze Untere Kreide — Mittlere Kreide sind orogenetische Bewegungen mit Intrusionen von Granodioriten bemerkbar. Diese Bewegung würde der nordamerikanischen Pazifikrevolution entsprechen (Oregonian Orogony = Austrischen Phase).

### 4. Oberkretazäische Porphyritformation.

Zur Effusion kommen Quarzporphyre und als besonders typisch Labradorporphyrite.



Rote Mergel und Letten mit Salz und Gyps sind die terrestrischen Äquivalente der Oberen Kreide. Sie werden „Los-Llanos-Schichten“, in Columbien „Guadua-Schichten“ bezeichnet. In Peru, Ecuador und Columbien erscheinen die obigen Quarzporphyre und etwas später Labradorporphyrite und Diabase in diesen Schichten. Es fragt sich nun, wie weit reichen die Los-Llanos-Schichten nach oben? Eine Grenze gegen das Eozän zu ziehen ist unmöglich. Jedenfalls erscheinen in diesen Schichten die Anfänge des andinen Baues. Zeitlich dürfte diese einleitende Vorphase der Andinenfaltung mit der nordamerikanischen Laramieorogenese zusammenfallen, somit die Grenze gegen das Tertiär liefern. Die älteren Tertiärschichten sind als Konglomerate und Sandsteine entwickelt und werden als „Calchaqui-Schichten“ bezeichnet, sie sind den argentinischen „Jujuischichten“, den „Hondaschichten“ Ecuadors gleichzustellen. Zeitlich mögen sie etwa bis in das Untermiozän hinaufreichen. In den basalen Konglomeraten erscheinen die ersten Andesitgerölle.

### 5. Die untertertiäre Andesitformation.

|                    |                    | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO | Mt   | S. 400, Nr. 7 |
|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|-----|------|---------------|
| Hornblende-andesit | Aconcagua, Mendoza | 74,38 | 13,00 | 12,62 | 7,14 | 4,30 | 1,54             | 4,95 | -0,06 | —   | 3,10 | Alter: Eozän  |

Es sind in erster Linie Hornblendeandesite, jedenfalls Magmen intermediärer Natur. Ob diese alttertiäre Effusivformation sich wie in Nordamerika in eine saure und basische Andesitformation zergliedern läßt, wäre noch zu untersuchen. Die Effusionen können auch im Oligozän noch angedauert haben, wie weit sie reichen, ist nicht sicher feststellbar. Sie schließen wahrscheinlich auch mit Plateaubasalten ab.

Mit der Vorphase der Andenaltung beginnen die Intrusionen der Andengesteine, saure granodioritische oder dioritische Tiefengesteine oder hypoabyssische granitporphyrische Intrusiva, mit einer Gefolgschaft von Spaltganggesteinen. Es ist schwerlich zu entscheiden, ob der Anfang der Andengesteinsintrusionen schon in die Obere Kreide zu verlegen ist. Die eozänen, sauren, lakkolithischen Intrusionen, wie die Henry Mts. und die des Yellowstone-Park, würden das nordamerikanische Parallel sein.

Auch Alkaligesteine kommen im Vorland zur Entwicklung, so Teschenite, Trachydolerite und Essexite.

Etwa im Mittleren Miozän, scharf läßt sich der Zeitpunkt nicht fixieren, setzt die erste Hauptphase der Andenaltung ein. Man hat sie auch als die erste Bewegungsphase der andinen Gebirgsbildung bezeichnet. Die Abtragung der Falten schafft eine neue Rumpffläche, den Punarumpf oder das andine Relief 1.



Sicherlich hat die Hauptmasse der Andengesteine mit dieser orogenetischen Phase ihre Ortsstellung erhalten. Ihr petrographischer Charakter hat sich nicht wesentlich geändert.

Die terrestrischen Ablagerungen der mittleren Regionen der südamerikanischen Anden werden als Punaserie, Sandsteine und Schotter zusammengefaßt. In diesem Gebiet läßt sich wiederum eine Trennung des Miozäns vom Pliozän nicht durchführen. Im südlichen Abschnitt in den Gebieten des Rio Chubut, Negro und Neuquén, ferner in der argentinischen Grenzprovinz Mendoza ist eine Vorphase der zweiten Hauptandenphase nach Gröber zu erkennen. Diese Bewegung — nach seiner Zählung die Vorphase zur III. Andenphase — hat die Hochterrasse der großen Transversaltäler geschaffen.

#### 6. Die miozäne Andesitformation.

Sie beginnt mit sauren Effusivgesteinen, mit Lipariten, Trachyten, Dazit und sauren Andesiten. Im Punablock leitet sie eine schneeweiße Dazituffbank ein. Um dieser sauren Formation einen Namen zu geben, sei sie als ältere Dazitformation ausgeschieden. Es folgen Andesite, den Abschluß machen Mesetabasalte, Gröber bezeichnet sie als Basalt I. Gewisse Trachydolerite und Sodalithbostonite im Vorland sind nach Backlund hierherzustellen.

#### 7. Die pliozäne Andesitformation.

Die Effusionen behalten ihren petrographischen Charakter bei. Einerseits sind es Liparite, andererseits Andesite. Die Nevadoandesite fallen in diesen Abschnitt. Wiederum endet dieser vulkanische Zyklus mit Plateaubasalten, die Gröber als Basalt II ausscheidet.

Gegen Ende Pliozän setzt die zweite Hauptphase der andinen Gebirgsbildung, die Überschiebungsphase, ein (III. Phase bei Gröber). Mit ihr kommt die Ausbildung der Kordilleren in ihrer heutigen Gestaltung in den wesentlichen Zügen zum Abschluß. Die danach einsetzende Erosion schafft eine neue Rumpffläche, den oberen Punarumpf, der als Hochterrasse in 2000 bis 3000 m anzutreffen ist.

Mit diesen orogenetischen Bewegungen gelangt endlich auch die Ortsstellung der Andengesteinsintrusiva zum Abschluß.

Das Andengesteinsmagma läßt nach Backlund eine Fortentwicklung mit der Zeit erkennen. Die ältesten Typen sind leukokrat und sauer, sie werden langsam melanokrater und basischer, dabei wächst die Anorthithkomponente an. Die Entwicklungsreihe ist durch folgende Etappen gekennzeichnet: Granodiorite, Tonalite, aplitische Diorite, Adamellite, Quarzhornblendediorite, Diorite und Windsorite, Quarzaugitdiorite, Olivinnorite, Hornblendediorite und Gabbros.



Mit dieser letzten Orogenese erfährt auch der Vulkanismus eine starke Einengung auf die Streifen, die die heute noch tätigen Vulkane tragen. Die zum größeren Teil noch in ihren Formen erhaltenen Vulkanbauten stammen aus der Quartärzeit. Außerhalb dieses Streifens dauert die Förderung von Plateaubasalten an und überdauert die Glazialzeit. So sind viele Pampabasalte quartär und jünger, Gröbers Basalte III und IV.

### 8. Der quartäre Vulkanzyklus.

Die vulkanischen Gesteine der Quartärzeit können mit denen der Gegenwart zu einem Zyklus zusammengefaßt werden.

Im Norden in Ecuador und Columbien schwillt der quartäre Vulkanismus zu mächtigen Ablagerungen an und gewaltige Vulkanriesen drängen sich im Raum. Die beiden nachweislichen Vereisungen der älteren Riß- und jüngeren Würmeiszeit haben ihre Spuren im Relief hinterlassen.

a) Den Anfang macht eine saure Liparit- und Dazitformation. Jüngere Liparite und Dazite. Sie sind in der Puna verbreitet, die Guamaniformation mit sauren Natronlipariten gehört zu den ältesten präglazialen Formationen Ecuadors.

b) Jüngere Andesite.

Es sind Pyroxenandesite, z. T. mit Hypersthen, Hornblende oder Olivin. Die Variationsbreite dieser Pyroxenandesite ist sehr groß, so bewegen sich die Q-Werte zwischen  $-3$  und  $+25$ . Dieselbe Erscheinung zeigen die Laven der Gegenwart, wie die folgende Gegenüberstellung ersehen läßt.

|             |                               |                                 | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |   |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|---|
| S. 400<br>6 | Hypersthen-<br>andesit        | Calbuco 1893                    | 69,89 | 7,66  | 22,45 | 4,60 | 7,94 | 0,42             | 1,88 | -1,33 | 3,62 | —    | Erup-<br>tions-<br>folge:<br>Gegen-<br>wart |
| S. 410<br>6 | Hornblende-<br>pyroxenandesit | Yanasacha Vol-<br>can, Cotopaxi | 70,72 | 18,30 | 10,98 | 5,63 | 6,42 | 1,09             | 4,12 | 1,37  | 2,41 | 2,50 |   |
|             | Andesitasche                  | Cotopaxi<br>22. Juli 1885       | 80,64 | 15,40 | 3,96  | 7,04 | 6,08 | 1,42             | 3,22 | 1,04  | 1,72 | 3,44 |   |
| S. 416<br>7 | Pyroxen-<br>andesit           | Vulkan Pasto<br>1869            | 69,68 | 21,18 | 9,14  | 7,05 | 3,32 | 1,85             | 4,76 | 3,41  | 0,63 | 3,58 |   |

Extrem saure oder basische Laven einer Reihe sind Merkmale, daß der Vulkanismus seiner Erschöpfung entgegengeht. Entweder steht der Vulkan über einem engbegrenzten sekundären Herd, in dem die Entwicklung und Differentiation sehr weit vorgerückt ist, dann sind die Förderprodukte saurer Natur. Die vulkanischen Erscheinungsformen sind die kalter, zähflüssiger Magmen, oder der betreffende Vulkan schöpft aus dem größeren primären Andenherd, dann sind bei seiner fortgeschrittenen Entwicklung nur noch tiefe und heiße Niveaulagen mit basischen Differentiationen flüssig, die Lava kommt aus großer Tiefe, sie ist basisch, melano-krat, heiß und dünnflüssig. Die vulkanischen Formen sind andere und entsprechen dem dünnflüssigen Magmatypus.



## Anhang: Analysen und Gesteinsparameter.

## Westantarktika I. Inselantarktanden.

## A. Gewichtsprozent.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6      | 7     | 8      | 9      | 10    | 11    | 12     | 13     | 14     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 49,69 | 61,79 | 66,39 | 60,19 | 55,15 | 52,02  | 50,55 | 51,56  | 49,48  | 49,29 | 48,50 | 48,11  | 47,51  | 71,10  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,99  | 1,22  | 0,33  | 1,15  | 1,57  | 1,40   | 1,32  | 1,34   | 0,79   | 1,99  | 1,32  | 0,33   | 0,38   | 0,46   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,09  | 0,28  | —     | 0,30  | 0,21  | 0,51   | 0,35  | 0,10   | 0,17   | 0,46  | 0,19  | 0,06   | —      | 0,03   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20,07 | 16,20 | 17,62 | 16,12 | 17,56 | 18,56  | 18,44 | 17,95  | 18,00  | 16,65 | 19,26 | 23,08  | 23,03  | 14,50  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,47  | 2,64  | 1,01  | 3,97  | 4,12  | 3,55   | 5,29  | 3,46   | 3,91   | 5,39  | 4,24  | 2,29   | 1,08   | 0,31   |
| FeO                            | 5,22  | 3,62  | 2,21  | 3,07  | 4,46  | 6,92   | 5,87  | 6,93   | 3,30   | 5,68  | 5,26  | 3,28   | 4,00   | 3,10   |
| MgO                            | 5,75  | 1,96  | 1,32  | 2,14  | 3,27  | 4,08   | 4,45  | 5,54   | 6,48   | 5,49  | 4,63  | 5,55   | 6,69   | 1,17   |
| CaO                            | 12,20 | 4,68  | 3,79  | 4,35  | 6,94  | 7,93   | 8,39  | 7,05   | 9,75   | 9,64  | 12,86 | 14,53  | 15,08  | 3,10   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,39  | 3,69  | 4,49  | 5,22  | 3,18  | 3,84   | 3,54  | 3,56   | 2,55   | 2,79  | 2,02  | 1,81   | 1,41   | 2,59   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,45  | 2,98  | 2,13  | 1,97  | 1,31  | 0,31   | 0,43  | 1,28   | 0,66   | 0,79  | 1,06  | 0,23   | 0,22   | 3,25   |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,54  | 0,78  | 0,39  | 1,38  | 1,88  | 1,44   | 1,23  | 1,58   | 5,23   | 1,62  | 0,50  | 0,88   | 0,98   | 4,02   |
| H <sub>2</sub> O —             | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —      | —      | 0,25   |
| Sa..                           | 99,86 | 99,84 | 99,68 | 99,86 | 99,65 | 100,56 | 99,86 | 100,35 | 100,32 | 99,79 | 99,84 | 100,15 | 100,38 | 100,78 |
| Spez. Gew..                    | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —      | —      | —      |

## B. Molekularprozent.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 54,10 | 68,82 | 72,99 | 67,71 | 62,49 | 58,02 | 56,94 | 57,06 | 56,23 | 55,21 | 53,75 | 52,67 | 51,21 | 76,50 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,81  | 1,02  | 0,27  | 0,97  | 1,33  | 1,17  | 1,11  | 1,11  | 0,68  | 1,67  | 1,10  | 0,27  | 0,30  | 0,38  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,04  | 0,13  | —     | 0,14  | 0,10  | 0,24  | 0,17  | 0,05  | 0,08  | 0,22  | 0,09  | 0,03  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,86 | 10,61 | 11,36 | 10,67 | 11,71 | 11,98 | 12,22 | 11,69 | 12,03 | 10,97 | 12,56 | 14,87 | 14,61 | 9,17  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,01  | 1,10  | 0,42  | 1,67  | 1,75  | 1,49  | 2,24  | 1,43  | 1,66  | 2,26  | 1,76  | 0,94  | 0,43  | 0,13  |
| FeO                            | 4,74  | 3,36  | 2,03  | 2,88  | 4,21  | 6,43  | 5,51  | 6,39  | 3,12  | 5,30  | 4,86  | 2,99  | 3,60  | 2,78  |
| MgO                            | 9,39  | 3,27  | 2,18  | 3,61  | 5,55  | 6,83  | 7,52  | 9,20  | 11,05 | 9,22  | 7,69  | 9,11  | 10,81 | 2,97  |
| CaO                            | 14,23 | 5,59  | 4,47  | 5,25  | 8,42  | 9,48  | 10,12 | 8,36  | 11,87 | 11,57 | 15,27 | 17,05 | 17,42 | 2,87  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,51  | 3,98  | 4,78  | 5,68  | 3,49  | 4,14  | 3,86  | 3,81  | 2,80  | 3,02  | 2,17  | 1,92  | 1,47  | 3,42  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,31  | 2,12  | 1,50  | 1,42  | 0,95  | 0,22  | 0,31  | 0,90  | 0,48  | 0,56  | 0,75  | 0,15  | 0,15  | 2,78  |



| N <sup>o</sup> | Gestein                      | Ort   | L     | M     | Q      | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | M <sub>2</sub> O | CaO    | FeO  | Mt   | Analytiker                 |
|----------------|------------------------------|---|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------|--------|------|------|----------------------------|
| 1              | Gabbro (Diorit)              | 70° S.Br., 78° 40' W.L.                     | 62,72 | 36,64 | 0,64   | 2,82 | 10,04 | 3,95  | 32,02 | 64,03 | 0,31             | 9,39             | 4,19   | 3,73 | 2,02 | Boiteau                    |
| 2              | Diorit                       | 70° S.Br., 78° 40' W.L.                     | 66,84 | 15,42 | 17,74  | 6,10 | 4,51  | 25,36 | 47,61 | 27,03 | 2,12             | 3,27             | 1,08   | 2,26 | 2,20 | Boiteau                    |
| 3              | Quarzdiorit                  | 70° S.Br., 78° 40' W.L.                     | 68,73 | 8,42  | 22,85  | 6,28 | 4,47  | 17,60 | 56,10 | 26,30 | 1,50             | 2,18             | —,0,61 | 1,61 | 0,84 | Lassieur                   |
| 4              | Andesit                      | Insel Jenny, Oestl. Adelaide-Insel          | 71,08 | 16,34 | 12,58  | 7,10 | 3,57  | 15,96 | 63,90 | 20,14 | 1,42             | 3,61             | 1,68   | 1,21 | 3,34 | Boiteau<br>und<br>Lassieur |
| 5              | Andesit                      | 67° 45' S. Br., 68° 20' W. L.               | 64,60 | 21,82 | 13,58  | 4,44 | 7,27  | 11,76 | 43,19 | 45,05 | 0,95             | 5,55             | 1,15   | 2,46 | 3,50 |                            |
| 6              | Labradorit<br>(Augitandesit) | 67° 45' S. Br., 68° 20' W. L.               | 65,36 | 30,24 | 4,40   | 4,36 | 7,62  | 2,69  | 50,67 | 46,64 | 0,22             | 6,83             | 1,86   | 4,91 | 2,98 |                            |
| 7              | Augitandesit                 | 67° 45' S. Br., 68° 20' W. L.               | 65,56 | 30,20 | 4,24   | 4,17 | 8,05  | 3,78  | 47,07 | 49,15 | 0,31             | 7,52             | 2,07   | 3,27 | 4,48 |                            |
| 8              | Diabas                       | 67° 45' S. Br., 68° 20' W. L.               | 65,60 | 33,94 | 0,46   | 4,71 | 6,98  | 10,98 | 46,46 | 42,56 | 0,90             | 9,20             | 1,38   | 4,96 | 2,86 |                            |
| 9              | Andesitlabradorit            | 67° 45' S. Br., 68° 20' W. L.               | 61,24 | 34,58 | 4,18   | 3,28 | 8,75  | 6,27  | 36,55 | 57,18 | 0,48             | 11,05            | 3,12   | 1,46 | 3,32 |                            |
| 10             | Doleritischer Basalt         | 67° 45' S. Br., 68° 20' W. L.               | 58,20 | 37,40 | 4,40   | 3,58 | 7,39  | 7,69  | 41,48 | 50,83 | 0,56             | 9,22             | 4,18   | 3,04 | 4,52 | Boiteau u.<br>Lassieur     |
| 11             | Gabbro (Diorit)              | 67° 45' S. Br., 68° 20' W. L.               | 61,92 | 36,36 | 1,72   | 2,92 | 9,64  | 9,69  | 28,02 | 62,29 | 0,75             | 7,69             | 5,63   | 3,10 | 3,52 |                            |
| 12             | Gabbro                       | Laubeuffjord, Insel Webb.                   | 67,76 | 32,70 | —,0,46 | 2,07 | 12,80 | 1,77  | 22,67 | 75,56 | 0,15             | 9,11             | 4,25   | 2,05 | 1,88 | Boiteau u.<br>Lassieur     |
| 13             | Gabbro                       | Insel Leonie                                | 64,92 | 37,68 | —,2,60 | 1,62 | 12,99 | 1,85  | 18,10 | 80,05 | 0,15             | 10,81            | 4,43   | 3,17 | 0,86 |                            |
| 14             | Granit                       | Insel Wandel<br>65° 4' S. Br., 64° 2' W. L. | 61,48 | 9,30  | 29,22  | 6,20 | 2,97  | 36,15 | 44,47 | 19,38 | 2,78             | 1,87             | —      | 2,65 | 0,26 | Pisani                     |

Literatur: 1—3. Washington, II, S. 551, 401, 266. — 4—13. E. Gourdon, Sur la constitution mineralogique de l'île Jenny (Antarctique) C. R. 159, S. 369—371, 1914; Ref. N. J. f. Min. 1921, I, S. 301. — 14. E. Gourdon, Exped. Antarct. Franc. 1908, S. 144.

Anmerkung: Aus der Berechnungsmethode folgt, daß negative Zahlen in der C-Kolumne einen Aegringehalt, negative Zahlen in der Reihe des melanokraten Kalks einen Tonerdeüberschuß bedeuten, der den L-Komponenten zugezählt wurde.



## Westantarktika II. Inselantarktanden.

## A. Gewichtsprozent.

|                                      | 1      | 2     | 3     | 4     | 5      | 6     | 7      | 8      | 9     | 10    | 11    | 12     | 13    | 14     | 15    | 16    |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 59,85  | 63,5  | 73,25 | 53,03 | 45,84  | 43,5  | 56,30  | 51,16  | 55,33 | 62,97 | 58,35 | 57,46  | 58,85 | 57,98  | 52,65 | 43,29 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,84   | 0,7   | Sp.   | 0,06  | 0,18   | 1,9   | 0,06   | 0,07   | 0,14  | 0,10  | 0,80  | 1,15   | 0,82  | 0,84   | 0,89  | 1,14  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,06   | —     | —     | —     | 0,04   | —     | 0,16   | 0,96   | 0,53  | 0,07  | —     | 0,19   | 0,12  | 0,12   | 0,18  | Sp.   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 16,90  | 17,2  | 12,60 | 15,78 | 20,42  | 15,4  | 15,91  | 16,12  | 14,72 | 14,75 | 16,91 | 15,95  | 17,48 | 18,18  | 17,79 | 21,11 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,92   | 2,7   | 0,34  | 3,12  | 6,51   | 1,7   | 3,15   | 7,09   | 6,11  | 2,98  | 1,79  | 1,96   | 2,98  | 2,00   | 3,01  | 4,98  |
| FeO . . .                            | 5,22   | 1,9   | 2,65  | 5,63  | 6,64   | 10,3  | 6,38   | 7,24   | 5,34  | 3,31  | 5,71  | 5,82   | 3,27  | 4,59   | 5,46  | 7,50  |
| MnO . . .                            | —      | —     | —     | Sp.   | Sp.    | —     | —      | 0,15   | 0,18  | 0,17  | —     | —      | —     | —      | —     | —     |
| MgO . . .                            | 3,12   | 1,1   | 0,51  | 6,39  | 4,85   | 9,6   | 3,64   | 3,68   | 3,91  | 2,12  | 4,34  | 3,77   | 2,53  | 3,67   | 5,34  | 6,48  |
| CaO . . .                            | 6,63   | 3,0   | Sp.   | 10,41 | 13,27  | 9,3   | 8,10   | 8,55   | 7,56  | 5,51  | 6,88  | 7,26   | 6,24  | 7,28   | 6,50  | 13,25 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,45   | 5,5   | 5,37  | 2,60  | 1,13   | 3,7   | 3,41   | 3,33   | 3,23  | 3,78  | 2,99  | 2,28   | 3,56  | 1,26   | 3,04  | 1,34  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,28   | 3,2   | 3,95  | 0,69  | 0,23   | 1,4   | 1,17   | 0,57   | 1,26  | 1,21  | 1,33  | 2,82   | 1,97  | 4,07   | 4,06  | 0,26  |
| Sonstige Bestandteile                | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,87   | 1,7   | 0,75  | 1,44  | 1,27   | 3,9   | 1,74   | 1,52   | 1,57  | 2,15  | 0,35  | 1,60   | 2,03  | 0,45   | 0,95  | 0,17  |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —     |
| Sa. . . .                            | 100,14 | 100,5 | 99,42 | 99,15 | 100,38 | 100,7 | 100,02 | 100,44 | 99,88 | 99,12 | 99,45 | 100,26 | 99,85 | 100,44 | 99,87 | 99,52 |
| Spez. Gew. .                         | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —     |

## B. Molekularprozent.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 65,44 | 71,38 | 80,08 | 57,70 | 51,68 | 47,15 | 62,25 | 58,01 | 62,10 | 70,64 | 63,46 | 63,28 | 66,26 | 63,69 | 58,47 | 48,07 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,69  | 0,59  | Sp.   | 0,05  | 0,15  | 1,55  | 0,05  | 0,06  | 0,11  | 0,08  | 0,65  | 0,95  | 0,69  | 0,69  | 0,74  | 0,95  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,03  | —     | —     | —     | 0,02  | —     | 0,07  | 0,46  | 0,25  | 0,03  | —     | 0,09  | 0,05  | 0,06  | 0,09  | Sp.   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 10,87 | 11,37 | 8,10  | 10,10 | 13,54 | 9,86  | 10,35 | 10,75 | 9,72  | 9,73  | 10,82 | 10,34 | 11,58 | 11,74 | 11,62 | 13,79 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,79  | 1,14  | 0,14  | 1,27  | 2,75  | 0,89  | 1,30  | 3,01  | 2,57  | 1,25  | 0,73  | 0,81  | 1,26  | 0,82  | 1,25  | 2,07  |
| FeO . . .                            | 4,75  | 1,78  | 2,41  | 5,10  | 6,24  | 9,35  | 5,88  | 6,85  | 5,00  | 3,10  | 5,17  | 5,34  | 3,07  | 4,20  | 5,05  | 6,94  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | Sp.   | Sp.   | —     | Sp.   | 0,14  | 0,17  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 5,12  | 1,85  | 0,83  | 10,43 | 8,20  | 15,68 | 6,04  | 6,26  | 6,58  | 3,57  | 7,08  | 6,22  | 4,27  | 6,04  | 8,90  | 10,79 |
| CaO . . .                            | 7,77  | 3,62  | Sp.   | 12,14 | 16,03 | 10,85 | 9,59  | 10,39 | 9,09  | 6,62  | 8,02  | 8,56  | 7,52  | 8,57  | 7,74  | 15,76 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,65  | 5,98  | 5,68  | 2,73  | 1,23  | 3,90  | 3,65  | 3,65  | 3,51  | 4,11  | 3,15  | 2,43  | 3,88  | 1,34  | 3,26  | 1,44  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,89  | 2,29  | 2,76  | 0,48  | 0,16  | 0,97  | 0,82  | 0,42  | 0,90  | 0,87  | 0,92  | 1,08  | 1,42  | 2,85  | 2,88  | 0,19  |



| Nr. | Gestein                 | Ort   | Lagerung  | L     | M     | Q     | A     | C     | Or    | Ab    | An    | K <sup>s</sup> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |          |
|-----|-------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|----------|
| 1   | Quarzdiortit            | Insel Wandel<br>65° 4' S.Br., 64° 2' W.L.             | Gang in Diorit<br><br>Gang  | 61,64 | 22,62 | 15,74 | 4,54  | 6,33  | 11,54 | 47,34 | 41,12 | 0,89             | 5,12  | 1,44  | 3,96 | 1,28 | Pisani     |          |
| 2   | Hornblende-<br>andesit  | Insel Wandel<br>65° 4' S.Br., 64° 2' W.L.             |   | 78,56 | 8,30  | 13,14 | 8,27  | 3,10  | 23,32 | 60,89 | 15,79 | 2,29             | 1,85  | 0,52  | 0,64 | 2,28 | Boiteau    |          |
| 3   | Paisanit                | Insel Wandel<br>65° 4' S.Br., 64° 2' W.L.             |   | 64,80 | 7,72  | 27,48 | 8,44  | —     | 0,34  | 33,99 | 66,01 | —                | 2,76  | 0,83  | —    | 2,21 | Pisani     |          |
| 4   | Gabbro (Diorit)         | Antwerp Island  |   | 53,24 | 41,56 | 5,20  | 3,21  | 6,89  | 7,21  | 40,99 | 51,80 | 0,48             | 10,43 | 5,25  | 3,83 | 2,54 | Zdarek     |          |
| 5   | Gabbro (Diorit)         | Bob-Island, W. Wiencke<br>64° 51' S.Br., 63° 22' W.L. |   | 59,72 | 36,64 | 3,64  | 1,39  | 12,15 | 2,14  | 16,47 | 81,39 | 0,16             | 8,20  | 3,88  | 3,49 | 5,50 | Zdarek     |          |
| 6   | Hornblende-<br>basalt   | Insel Wiencke<br>(Doumer Island)                      |   | 58,92 | 61,78 | —     | 20,70 | 4,87  | 4,99  | —     | —     | —                | 0,97  | 15,68 | 5,86 | 8,66 | 1,38       | Pisani   |
| 7   | Quarzdiortit            | Two Hammocks Island<br>64° 6' S.Br., 61° 41' W.L.     | Moreno-Island<br>Moreno-Island<br>Bank-Island<br>Hovgaard-Island<br>Hovgaard-Island<br>Berthelot-Insel<br>Weddell-Insel | 59,28 | 31,26 | 9,46  | 4,47  | 5,88  | 11,07 | 49,25 | 39,68 | 0,82             | 6,04  | 3,71  | 4,58 | 2,60 | Zdarek     |          |
| 8   | Augitdiorit             | Moreno-Island<br>64° 4' S.Br., 61° 20' W.L.           |   | 59,28 | 33,92 | 6,80  | 4,07  | 6,68  | 5,67  | 49,26 | 45,07 | 0,42             | 6,26  | 3,71  | 3,98 | 6,02 | Zdarek     |          |
| 9   | Quarzdiortit            | Moreno-Island   |   | 56,52 | 31,06 | 12,42 | 4,41  | 5,31  | 12,75 | 49,65 | 37,60 | 0,90             | 6,58  | 3,78  | 2,60 | 5,14 | Zdarek     |          |
| 10  | Malchit                 | Bank-Island<br>64° 4' S.Br., 61° 20' W.L.             |   | 58,84 | 17,08 | 24,08 | 4,98  | 4,75  | 11,82 | 55,84 | 32,34 | 0,87             | 3,57  | 1,87  | 1,85 | 2,50 | Zdarek     |          |
| 11  | Quarzbiotitdiorit       | Hovgaard-Island                                       |   | 59,56 | 27,04 | 13,40 | 4,07  | 6,75  | 12,35 | 42,28 | 45,37 | 0,92             | 7,08  | 1,27  | 4,44 | 1,46 | Lassieur   |          |
| 12  | Quarzdiortit            | Hovgaard-Island                                       |   | 59,00 | 28,38 | 12,62 | 4,41  | 5,93  | 26,83 | 32,93 | 40,24 | 1,98             | 6,22  | 2,63  | 4,53 | 1,62 | Boiteau    |          |
| 13  | Quarzdiortit            | Berthelot-Insel                                       | Weddell-Insel   | 67,52 | 17,16 | 15,32 | 5,30  | 6,28  | 16,88 | 45,97 | 37,20 | 1,42             | 4,27  | 1,24  | 1,81 | 2,52 | Boiteau    |          |
| 14  | Quarzglimmer-<br>diorit | Weddell-Insel   |   | 63,72 | 22,52 | 13,76 | 4,19  | 7,55  | 35,76 | 16,81 | 47,43 | 2,85             | 6,04  | 1,02  | 3,38 | 1,64 | Lassieur   |          |
| 15  | Diabas                  | Petermann-Insel                                       | Petermann-Insel   | 71,04 | 32,42 | —     | 3,46  | 6,14  | 5,48  | 32,43 | 36,71 | 30,86            | 2,88  | 8,90  | 2,26 | 3,80 | 2,50       | Boiteau  |
| 16  | Gabbro                  | Petermann-Insel                                       |   | 61,68 | 42,66 | —     | 4,34  | 1,63  | 12,16 | 2,46  | 18,68 | 78,86            | 0,19  | 10,79 | 3,60 | 4,87 | 4,14       | Lassieur |

Literatur: 1—3. E. Gourdon, Expedition Antarct. Franç. Petrogr. 1908, S. 151, 200, auch C.R. 144, 1907, 1224—1226, C. R. 143, 1906, 178—180, — 4—10. A. Pelikan, Voyage Belgica V, Petrog. Unters. I, 1909, 7, 8, 13, 32, 41, 45, 92. — 11—16. Washington II, S. 369, 403, 405, 419, 479.



## Westantarktika III. Grahamsland, Süd-Shetland-Inseln, Süd-Sandwich-Inseln, südliches Basaltgebiet.

## A. Gewichtsprozent.

|                                      | 1     | 2     | 3      | 4      | 5      | 6     | 7      | 8     | 9     | 10     | 11     | 12                          | 13     | 14     | 15     |
|--------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 36,70 | 56,10 | 54,61  | 55,27  | 69,01  | 67,71 | 53,50  | 49,84 | 60,62 | 54,24  | 59,85  | 52,68                       | 51,94  | 48,97  | 50,22  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 3,85  | 0,76  | 1,66   | Sp.    | 0,58   | 1,00  | 1,65   | 1,32  | 1,54  | 0,91   | 0,84   | 0,77                        | —      | 1,62   | 1,95   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | Sp.   | 0,32   | 0,52   | 0,12   | 0,16  | 0,36   | 0,11  | 0,24  | 0,09   | 0,06   | 0,02                        | —      | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 11,00 | 19,81 | 19,10  | 16,59  | 14,21  | 14,65 | 17,62  | 19,37 | 16,22 | 17,20  | 16,90  | 16,38                       | 14,92  | 16,12  | 16,20  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 14,21 | 2,07  | 3,65   | 6,03   | 2,23   | 1,59  | 2,58   | 3,42  | 1,76  | 2,81   | 1,92   | 3,11                        | 3,71   | 1,90   | 3,13   |
| FeO . . .                            | 12,24 | 5,15  | 3,73   | 5,81   | 2,89   | 3,29  | 6,07   | 3,69  | 5,67  | 4,98   | 5,22   | 7,98                        | 10,24  | 9,63   | 8,07   |
| MnO . . .                            | —     | —     | —      | Sp.    | —      | —     | —      | —     | —     | —      | —      | 0,16                        | Sp.    | Sp.    | Sp.    |
| MgO . . .                            | 7,55  | 3,44  | 3,06   | 2,80   | 0,62   | 0,85  | 4,39   | 4,71  | —     | 5,84   | 3,12   | 7,47                        | 4,39   | 7,64   | 7,54   |
| CaO . . .                            | 11,90 | 7,20  | 6,51   | 6,65   | 2,11   | 2,34  | 9,22   | 12,35 | 4,18  | 10,19  | 6,63   | 8,08                        | 11,61  | 8,73   | 8,57   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 0,95  | 3,55  | 4,34   | 4,23   | 6,30   | 6,09  | 4,15   | 2,50  | 6,67  | 2,91   | 3,45   | 2,75                        | 3,82   | 2,99   | 3,36   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,22  | 1,08  | 1,27   | 0,64   | 2,07   | 1,99  | 0,75   | 0,87  | 0,78  | 0,92   | 1,28   | 0,44                        | 0,39   | 1,21   | 1,28   |
| Sonstige Bestandteile                | —     | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —     | —     | —      | —      | BaO Sp.<br>S Sp.<br>Cl 0,05 | —      | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 1,36  | 0,75  | 2,63   | 1,59   | 0,09   | 0,16  | —      | 1,79  | 0,56  | 0,09   | 0,87   | 0,20                        | 0,19   | 1,39   | 0,22   |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —     | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —     | —     | —      | —      | —                           | —      | —      | —      |
| Sa. . . .                            | 99,98 | 99,91 | 100,88 | 100,13 | 100,23 | 99,83 | 100,29 | 99,97 | 99,86 | 100,18 | 100,14 | 100,09                      | 101,21 | 100,20 | 100,54 |
| Spez. Gew. .                         | —     | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —     | —     | —      | —      | —                           | —      | 2,89   | 2,79   |

## B. Molekularprozent.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 42,33 | 62,07 | 61,86 | 62,67 | 75,26 | 74,06 | 58,01 | 55,44 | 66,87 | 58,10 | 65,44 | 56,23 | 55,49 | 52,20 | 53,58 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 3,33  | 0,63  | 1,43  | Sp.   | 0,47  | 0,82  | 1,34  | 1,10  | 1,27  | 0,73  | 0,69  | 0,62  | —     | 1,30  | 1,56  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | Sp.   | 0,14  | 0,25  | 0,05  | 0,07  | 0,16  | 0,05  | 0,11  | 0,04  | 0,03  | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 7,46  | 12,89 | 12,71 | 11,06 | 9,12  | 9,42  | 11,24 | 12,67 | 10,52 | 10,83 | 10,87 | 10,33 | 9,38  | 10,18 | 10,16 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 6,14  | 0,86  | 1,56  | 2,57  | 0,91  | 0,65  | 1,05  | 1,43  | 0,73  | 1,13  | 0,79  | 1,24  | 1,49  | 0,83  | 1,25  |
| FeO . . .                            | 11,76 | 4,75  | 3,47  | 5,50  | 2,62  | 3,00  | 5,48  | 3,42  | 5,21  | 4,45  | 4,75  | 7,06  | 9,11  | 9,36  | 7,18  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | Sp.   | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,15  | Sp.   | Sp.   | Sp.   |
| MgO . . .                            | 13,06 | 5,71  | 5,23  | 4,76  | 1,01  | 1,39  | 7,14  | 7,86  | 2,68  | 9,38  | 5,12  | 11,93 | 7,03  | 12,19 | 12,07 |
| CaO . . .                            | 14,70 | 8,53  | 7,89  | 8,09  | 2,47  | 2,71  | 10,71 | 14,72 | 4,94  | 11,70 | 7,77  | 9,28  | 13,29 | 10,01 | 9,79  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 1,06  | 3,80  | 4,76  | 4,64  | 6,65  | 6,45  | 4,35  | 2,69  | 7,12  | 3,01  | 3,65  | 2,86  | 3,95  | 3,10  | 3,44  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,16  | 0,76  | 0,95  | 0,46  | 1,44  | 1,40  | 0,52  | 0,62  | 0,55  | 0,63  | 0,89  | 0,30  | 0,26  | 0,83  | 0,97  |



| N  | Gestein                 | Ort  | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | W <sub>2</sub> O | CaO   | FeO  | Mt    | Analytiker           |
|----|-------------------------|--|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------------------|-------|------|-------|----------------------|
| 1  | Gabbro (Diorit)         | Cap Tuxen, Grahamsland                         | 34,72 | 46,46 | 18,82 | 1,22 | 6,24 | 3,69  | 24,42 | 71,89 | 0,16             | 13,06            | 8,46  | 5,62 | 12,28 | Pisani               |
| 2  | Labradoritandesit       | Port Lokroy, Grahamsland                       | 69,80 | 21,32 | 8,88  | 4,56 | 8,33 | 8,71  | 43,53 | 47,76 | 0,76             | 5,71             | 0,20  | 3,89 | 1,72  | Pisani               |
| 3  | Hornblendandesit        | Port Lokroy, Grahamsland                       | 73,68 | 19,18 | 7,14  | 5,71 | 7,00 | 10,31 | 51,69 | 38,00 | 0,95             | 5,23             | 0,89  | 1,91 | 3,12  | Pisani               |
| 4  | Quarzdiort              | Cape Anna Osterrieth, Dancoland                | 64,64 | 24,78 | 10,58 | 5,10 | 5,96 | 5,69  | 57,43 | 36,88 | 0,46             | 4,76             | 2,13  | 2,93 | 5,14  | Zdarek               |
| 5  | Trachyandesit (Trachyt) | Deception-Insel, Bransfieldstr.                | 68,84 | 10,14 | 21,02 | 8,09 | 1,03 | 16,73 | 77,24 | 6,03  | 1,44             | 1,01             | 1,44  | 1,71 | 1,82  | Boiteau              |
| 6  | Trachyandesit (Trachyt) | Deception-Insel, Bransfieldstr.                | 69,08 | 11,12 | 19,80 | 7,85 | 1,57 | 16,20 | 74,66 | 9,14  | 1,40             | 1,39             | 1,17  | 2,35 | 1,30  | Boiteau und Lassieur |
| 7  | Labradorit              | Deception-Insel, Bransfieldstr.                | 64,44 | 33,92 | 1,64  | 4,87 | 6,37 | 6,45  | 53,97 | 39,58 | 0,52             | 7,14             | 4,37  | 4,43 | 2,10  |                      |
| 8  | Dolerit                 | Deception-Insel, Bransfieldstr.                | 63,92 | 33,28 | 2,80  | 3,31 | 9,36 | 7,76  | 33,67 | 58,57 | 0,62             | 7,86             | 5,36  | 1,99 | 2,86  |                      |
| 9  | Andesit                 | Deception-Insel, Bransfieldstr.                | 72,76 | 19,96 | 7,28  | 7,67 | 2,85 | 6,04  | 78,24 | 15,72 | 0,55             | 2,68             | 2,09  | 4,48 | 1,46  |                      |
| 10 | Olvinlabradorit         | Bridgman-Insel                                 | 57,88 | 36,68 | 5,44  | 3,64 | 7,19 | 8,70  | 41,58 | 49,72 | 0,63             | 9,38             | 4,51  | 3,32 | 2,26  |                      |
| 11 | Hypersthenandesit       | Admiralébuucht, König-Georg-Insel, Südshetland | 61,64 | 22,62 | 15,74 | 4,54 | 6,33 | 8,19  | 33,58 | 58,23 | 0,89             | 5,12             | 1,44  | 3,96 | 1,58  |                      |
| 12 | Basalt (Alboranit)      | Saunders, Süd-Sandwich-Inseln                  | 53,96 | 42,20 | 3,84  | 3,16 | 7,17 | 4,44  | 42,37 | 53,19 | 0,30             | 11,93            | 2,11  | 5,97 | 2,48  | N. Sahlbom           |
| 13 | Basalt                  | Christensenberg                                | 54,36 | 48,52 | —     | 2,88 | 4,21 | 5,17  | 3,82  | 58,09 | 38,09            | 0,26             | 7,03  | 8,12 | 7,62  | Petersen             |
| 14 | Olvinbasalt             | Cockburn-Insel                                 | 56,44 | 50,62 | —     | 7,06 | 3,93 | 6,25  | 11,76 | 43,91 | 44,33            | 0,83             | 12,19 | 3,76 | 8,53  | Prior                |
| 15 | Basaltglas              | Cockburn-Insel                                 | 58,38 | 46,58 | —     | 4,86 | 4,41 | 5,75  | 12,90 | 47,60 | 39,50            | 0,94             | 12,07 | 4,04 | 5,93  | Prior                |

Literatur: 1, 2, 4. E. Gourdon, Exp. Ant. Franç. 1909, S. 159, 183. — 3. A. Pelikan, Voyage Belgica, V, Petr. Unters. 1909, S. 21. 5–11. E. Gourdon, Sur la constitution minéralogique des Shetlands du Sud, C. R. 158, 1914, S. 1905–1907. — 12. O. Baeckström, Petrographische Beschreibung einiger Basalte von Patagonien, Westantarktika und den Süd-Sandwich-Inseln, Bull. Geol. Inst. Upsala, XIII, 1, S. 173. — 13. Joh. Petersen, Die Reisen des Jazon und der Hertha in das antarktische Meer 1893–1894, Mitt. Geogr. Ges., Hamburg 1891–1892, Heft II, Hamburg 1895, S. 278. — 14–15. G. T. Prior, Notes on the Rockspecimens collected in Antarctic Regions during the Voyage of H. M. S. Erebus and Terror under Sir James Ross in 1839–1843, Min. Mag. 12, 1899, S. 89.



## Patagonien.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1                    | 2                    | 3      | 4                                   | 5  | 6                                 | 7                    | 8   | 9                              | 10                             | 11                 |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|--------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 79,19                | 63,59                | 54,15  | 42,39                               | 45,18  | 66,50                             | 46,95                | 52,50   | 42,16                          | 49,30                          | 67,47              |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —                    | Sp.                  | 0,69   | —                                   | 2,00   | 0,30                              | 1,58                 | 0,62  | 2,95                           | 2,16                           | 0,57               |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —                    | —                    | 0,45   | —                                   | 0,35   | 0,03                              | 0,63                 | 0,11  | 0,45                           | 0,26                           | 0,10               |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 9,88                 | 18,63                | 19,30  | 2,26                                | 14,69  | 16,24                             | 17,05                | 16,02   | 15,90                          | 17,31                          | 16,25              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,21                 | 0,56                 | 3,61   | 0,35                                | 1,94   | 1,43                              | 3,61                 | 1,70  | 3,28                           | 3,84                           | 2,22               |
| FeO . . .                            | 0,63                 | 1,62                 | 3,54   | 10,47                               | 8,91   | 3,39                              | 9,53                 | 6,58  | 7,00                           | 5,73                           | 0,82               |
| MnO . . .                            | —                    | Sp.                  | 0,12   | —                                   | 0,16   | 0,10                              | 0,03                 | 0,15  | 0,15                           | 0,14                           | 0,03               |
| MgO . . .                            | 0,55                 | 4,98                 | 2,75   | 39,19                               | 8,98   | 0,08                              | 7,11                 | 8,70  | 6,00                           | 5,12                           | 0,46               |
| CaO . . .                            | —                    | 2,14                 | 8,00   | 2,33                                | 9,36   | 0,86                              | 7,04                 | 10,18   | 11,67                          | 8,67                           | 1,36               |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 0,66                 | 1,78                 | 3,75   | —                                   | 3,14   | 6,06                              | 3,42                 | 2,34  | 2,55                           | 4,05                           | 6,08               |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 7,68                 | 2,07                 | 3,19   | —                                   | 0,94   | 4,36                              | 0,82                 | 1,08  | 1,18                           | 1,73                           | 3,67               |
| Sonstige Bestandteile                | CO <sub>2</sub> 0,64 | CO <sub>2</sub> 0,65 | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,28 | S 0,20<br>BaO 0,05<br>CO <sub>2</sub> 0,32<br>3,80 | ZrO <sub>2</sub> 0,11<br>BaO 0,02 | CO <sub>2</sub> 0,80 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,05<br>BaO 0,02 | S 0,20<br>CO <sub>2</sub> 4,54 | S 0,01<br>CO <sub>2</sub> 0,16 | S 0,09<br>BaO 0,06 |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,54                 | 4,24                 | 1,24   | 1,54                                | —  | 0,42                              | 2,05                 | 0,19  | 2,68                           | 2,18                           | 0,69               |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | 0,03                 | 0,14                 | —      | —                                   | —  | —                                 | —                    | —   | —                              | —                              | —                  |
| Sa. . . .                            | 100,01               | 100,40               | 100,79 | 98,81                               | 100,02   | 99,90                             | 100,62               | 100,24  | 100,71                         | 100,66                         | 99,87              |
| Spez. Gew. .                         | —                    | —                    | —      | 3,152                               | —  | —                                 | —                    | —   | —                              | —                              | —                  |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4                                     | 5     | 6                     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 86,11 | 71,52 | 59,98 | 37,19                                 | 49,30 | 73,78                 | 51,56 | 54,51 | 48,44 | 54,16 | 74,72 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | Sp.   | 0,57  | —                                     | 1,64  | 0,26                  | 1,30  | 0,49  | 2,55  | 1,79  | 0,47  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | —                                     | —     | ZrO <sub>2</sub> 0,06 | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 6,32  | 12,32 | 12,63 | 1,17                                  | 9,47  | 10,65                 | 11,07 | 9,83  | 10,80 | 11,24 | 10,63 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,09  | 0,24  | 2,02  | 0,12                                  | 0,86  | 0,70                  | 1,75  | 0,76  | 1,71  | 1,97  | 1,47  |
| FeO . . .                            | 0,57  | 1,52  | 4,30  | 7,65                                  | 2,91  | 3,66                  | 10,05 | 6,31  | 7,89  | 6,50  | 1,15  |
| MnO . . .                            | —     | Sp.   | 0,11  | —                                     | 0,15  | 0,09                  | 0,03  | 0,13  | 0,15  | 0,13  | 0,03  |
| MgO . . .                            | 0,89  | 8,40  | 4,56  | 51,58                                 | 14,67 | 0,13                  | 11,69 | 13,52 | 10,32 | 8,42  | 0,76  |
| CaO . . .                            | —     | 2,58  | 9,53  | 2,19                                  | 10,01 | 1,03                  | 8,32  | 11,37 | 14,43 | 10,25 | 1,62  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 0,69  | 1,94  | 4,04  | —                                     | 3,33  | 6,54                  | 3,65  | 2,36  | 2,84  | 4,32  | 6,55  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 5,33  | 1,48  | 2,26  | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,10 | 0,66  | 3,10                  | 0,58  | 0,72  | 0,87  | 1,22  | 2,60  |



| Nr. | Gestein                    | Ort                                 | Lagerung                            | L     | M      | Q      | A    | C    | Or        | Ab    | An    | K <sup>es</sup><br>O | M <sup>so</sup><br>O | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker         |
|-----|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------|--------|------|------|-----------|-------|-------|----------------------|----------------------|-------|------|------|--------------------|
| 1   | Felsitporphyr              | Bahia Rodriguez, Skyring<br>Water   | triassisch                          | 48,46 | 2,92   | 48,62  | 6,02 | —    | 88,54     | 11,46 | —     | 5,33                 | 0,89                 | -0,30 | 4,81 | 0,18 | M. Dittrich        |
| 2   | Porphyroid                 | Bahia Rodriguez, Skyring<br>Water   | triassisch                          | 44,00 | 19,84  | 36,16  | 3,42 | 2,58 | unfrisch! | —     | —     | 1,48                 | 8,40                 | -6,32 | 2,82 | 0,48 | M. Dittrich        |
| 3   | Shoshonit                  | Cerro Pinto, Skyring<br>Water       |                                     | 75,72 | 24,34  | —      | 0,06 | 6,30 | 6,33      | 23,87 | 42,66 | 33,47                | 2,26                 | 3,20  | 2,39 | 4,04 | G. Nyblom          |
| 4   | Peridotit                  | Goose Bay, Magellan-<br>straße      |                                     | 4,68  | 120,50 | -25,18 | 0,00 | 1,17 | —         | —     | —     | —                    | 51,58                | 1,02  | 7,43 | 0,44 | v. Krust-<br>choff |
| 5   | Essexitgabbro              | Mündung Rio Pinto<br>in Rio Mayer   | Subandine<br>Region-<br>Kuppe       | 53,84 | 58,52  | -12,36 | 3,99 | 5,48 | —         | —     | —     | 0,66                 | 14,67                | 5,53  | 8,20 | 1,72 | Mauzelius          |
| 6   | Nordmarkit                 | Cerro Balmaeda, Ultima<br>Esperanza | Postkreta-<br>cäischer<br>Lakkolith | 81,16 | 7,80   | 11,04  | 9,64 | 1,01 | 12,26     | 77,17 | 10,57 | 3,10                 | 0,13                 | 0,02  | 3,05 | 1,40 | Mauzelius          |
| 7   | Essexitporphyr             | NO-Seite Cerro Donoso               | Gang                                | 61,20 | 46,50  | -7,70  | 4,23 | 6,84 | —         | —     | —     | 0,58                 | 11,69                | 1,48  | 0,83 | 0,35 | H. Sahl-<br>bohm   |
| 8   | Bronzitorthklas-<br>gabbro | Cerro Payne                         | Lakkolith<br>Kern<br>(alttertiär)   | 51,64 | 49,16  | -0,80  | 3,08 | 6,75 | 11,14     | 36,53 | 52,33 | 0,72                 | 13,52                | 4,62  | 5,68 | 1,52 | Mauzelius          |
| 9   | Camptonit                  | S-Seite Lago Sarmiento              | Gang                                | 58,04 | 51,40  | -9,44  | 3,71 | 7,09 | —         | —     | —     | 0,87                 | 10,32                | 4,34  | 6,33 | 3,42 | G. Nyblom          |
| 10  | Essexit                    | Cerro Cagual, Westmassiv            | Stock                               | 67,12 | 39,20  | -6,32  | 5,54 | 5,70 | —         | —     | —     | 1,22                 | 8,42                 | 4,55  | 4,66 | 3,94 | G. Nyblom          |
| 11  | Comendit-<br>granophyr     | Cerro Cagual, Ultima<br>Esperanza   | Gang in<br>oberer Kreide            | 79,12 | 4,48   | 16,40  | 9,15 | 1,48 | 26,30     | 66,22 | 7,48  | 2,60                 | 0,76                 | 0,14  | —    | 2,65 | G. Nyblom          |

Literatur: 1—11. P. D. Quensel, Bull. Geol. Inst. Upsala XI, 1912, und Washington II, S. 55, 231, 279, 495, 649, 739.



## Anden von Patagonien und Chile.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1                                      | 2                                      | 3                                      | 4                                      | 5      | 6                               | 7     | 8      | 9                                | 10                             | 11     | 12       | 13     | 14    | 15     |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--------|---------------------------------|-------|--------|----------------------------------|--------------------------------|--------|----------|--------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 61,80                                  | 63,49                                  | 63,69                                  | 52,02                                  | 54,58  | 58,58                           | 60,32 | 66,21  | 59,54                            | 63,85                          | 57,91  | 58,18    | 50,97  | 44,82 | 75,08  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,50                                   | —                                      | Sp.                                    | —                                      | —      | —                               | 0,05  | —      | —                                | —                              | 0,37   | 0,68     | 1,98   | 1,35  | 0,03   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,18                                   | Sp.                                    | —                                      | Sp.                                    | —      | 0,20                            | —     | —      | 0,59                             | —                              | 0,41   | 0,41     | 0,43   | 0,15  | 0,06   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 18,65                                  | 12,42                                  | 16,03                                  | 17,14                                  | 23,21  | 20,27                           | 17,10 | 15,60  | 13,09                            | 17,51                          | 16,45  | 18,46    | 15,56  | 13,68 | 13,63  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 2,08                                   | 6,41                                   | 2,51                                   | 7,96                                   | 5,33   | 7,62                            | 4,74  | 1,95   | 4,73                             | 1,94                           | 6,55   | 2,31     | 4,43   | 2,76  | 1,35   |
| FeO . . .                            | 2,49                                   | 1,34                                   | 2,41                                   | 3,52                                   | 2,44   | 0,00                            | 1,12  | 1,85   | 6,13                             | 0,55                           | 2,32   | 3,79     | 7,62   | 7,57  | 0,28   |
| MnO . . .                            | 0,08                                   | 0,85                                   | 0,55                                   | 0,85                                   | —      | 0,29                            | Sp.   | —      | 0,49                             | —                              | 0,06   | —        | 0,38   | —     | Sp.    |
| MgO . . .                            | 2,60                                   | 1,32                                   | 0,80                                   | 3,13                                   | 0,76   | 1,50                            | 2,89  | 5,93   | 1,33                             | —                              | 4,59   | 1,99     | 10,11  | 10,11 | 0,17   |
| CaO . . .                            | 6,41                                   | 4,17                                   | 3,30                                   | 11,57                                  | 11,37  | 6,38                            | 3,51  | 1,96   | 3,81                             | 5,67                           | 3,73   | 3,11     | 7,05   | 12,76 | 1,22   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,51                                   | 4,90                                   | 6,54                                   | 2,38                                   | 2,69   | 3,70                            | 5,06  | 4,46   | 5,88                             | 0,25                           | 3,59   | 3,70     | 5,01   | 2,83  | 3,79   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,82                                   | 1,78                                   | 2,46                                   | 0,60                                   | —      | 0,55                            | 2,11  | 3,04   | 3,86                             | 4,77                           | 1,61   | 6,58     | 1,26   | 0,89  | 4,22   |
| Sonstige Bestandteile                | SO <sub>3</sub> } Sp.<br>Cl }<br>CuO } | SO <sub>3</sub> } Sp.<br>Cl }<br>CuO } | SO <sub>3</sub> } Sp.<br>Cl }<br>CuO } | SO <sub>3</sub> } Sp.<br>Cl }<br>CuO } | —      | SO <sub>3</sub> 0,07<br>Cl 0,09 | —     | —      | CO <sub>2</sub> 0,18<br>CuO 0,33 | CO <sub>3</sub> 3,70<br>S 0,29 | S 0,07 | BaO 0,29 | S 0,16 | —     | —      |
| H <sub>2</sub> O + . .               | 0,25                                   | 2,88                                   | 2,23                                   | 0,28                                   | —      | 0,43                            | 1,99  | 2,46   | 0,68                             | 1,02                           | 1,70   | 0,64     | 1,58   | 2,81  | 0,23   |
| H <sub>2</sub> O — . .               | —                                      | —                                      | —                                      | —                                      | —      | 0,11                            | 0,81  | —      | —                                | —                              | —      | —        | —      | —     | —      |
| Sa. . . . .                          | 100,38                                 | 99,56                                  | 99,52                                  | 99,45                                  | 100,38 | 99,79                           | 99,70 | 103,46 | 100,32                           | 99,88                          | 99,36  | 100,14   | 100,74 | 99,73 | 100,06 |
| Spez. Gew.                           | —                                      | 2,52                                   | 2,55                                   | 2,76                                   | —      | —                               | 2,609 | —      | —                                | —                              | 2,932  | 2,777    | 2,919  | 3,016 | 2,354  |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12       | 13    | 14    | 15    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 66,72 | 72,67 | 71,89 | 58,77 | 61,89 | 68,02 | 68,98 | 69,77 | 66,89 | 75,40 | 65,92 | 66,15    | 56,78 | 47,97 | 81,53 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,40  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,03  | —     | —     | —     | 0,31  | 0,58     | 1,54  | 1,00  | 0,03  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | Sp.   | Sp.   | Sp.   | —     | 0,07  | —     | —     | 0,28  | —     | 0,20  | 0,20     | 0,19  | 0,07  | 0,03  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 11,90 | 8,36  | 9,98  | 11,39 | 15,48 | 13,87 | 11,50 | 9,67  | 8,65  | 12,16 | 11,02 | 12,35    | 10,19 | 8,61  | 8,70  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,08  | 2,75  | 1,06  | 3,37  | 2,27  | 2,27  | 2,03  | 0,77  | 2,00  | 0,86  | 2,79  | 0,98     | 1,85  | 1,10  | 0,67  |
| FeO . . .                            | 2,87  | 1,28  | 2,27  | 3,32  | 2,31  | 3,34  | 1,07  | 1,62  | 5,74  | 0,54  | 2,20  | 3,59     | 7,07  | 6,75  | 0,25  |
| MnO . . .                            | 0,07  | 0,82  | 0,52  | 0,81  | —     | 0,28  | Sp.   | —     | 0,46  | —     | 0,05  | BaO=0,13 | 0,49  | —     | Sp.   |
| MgO . . .                            | 4,20  | 2,27  | 1,36  | 5,30  | 1,29  | 1,88  | 4,95  | 9,37  | 2,24  | 7,17  | 7,84  | 3,39     | 7,15  | 16,32 | 0,27  |
| CaO . . .                            | 7,45  | 5,12  | 3,99  | 14,01 | 13,81 | 7,94  | 4,30  | 2,21  | 4,58  | 7,17  | 4,55  | 3,79     | 8,41  | 14,64 | 1,42  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,74  | 5,43  | 7,15  | 2,60  | 2,95  | 4,18  | 5,60  | 4,55  | 6,39  | 0,28  | 3,95  | 4,07     | 5,43  | 4,17  | 2,93  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,57  | 1,30  | 1,78  | 0,43  | —     | 0,42  | 1,54  | 2,04  | 2,77  | 3,59  | 1,17  | 4,77     | 0,90  | 0,61  | 2,93  |



| N  | Gestein                           | Ort                                 | Lagerung                  | L     | M     | Q      | A    | C     | Or        | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker  |
|----|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------|-------|--------|------|-------|-----------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|-------------|
| 1  | Hypersthen-andesit                | Mt. Burney, Smyths Canal            |                           | 68,84 | 16,00 | 15,16  | 5,31 | 6,59  | 6,62      | 55,05 | 38,33 | 0,57             | 4,20  | 0,86  | 1,85 | 2,16 | G. Nyblom   |
| 2  | Andesit                           | Vulkan Yate                         |                           | 60,36 | 17,19 | 22,45  | 6,73 | 1,63  | 17,22     | 71,92 | 10,86 | 1,30             | 2,27  | 3,49  | —    | 4,85 | Ziegenspeck |
| 3  | Andesit                           | Vulkan Yate                         |                           | 75,64 | 14,18 | 10,18  | 8,93 | 1,05  | 18,82     | 75,58 | 5,60  | 1,78             | 1,36  | 2,94  | 1,73 | 2,12 | "           |
| 4  | Basalt                            | Portanuela, Vulkan Yate             |                           | 57,68 | 30,21 | 12,11  | 3,03 | 8,36  | 5,96      | 36,06 | 57,98 | 0,43             | 5,30  | 5,65  | 0,76 | 6,74 | "           |
| 5  | Augitandesit                      | Vulkan Osorno                       |                           | 73,72 | 9,76  | 16,52  | 2,95 | 12,53 | —         | 32,00 | 68,00 | —                | 1,29  | 1,28  | 0,04 | 4,54 | H. Bruhns   |
| 6  | Hypersthen-andesitasche           | Vulkan Calbuco                      | Ausbruch 1893             | 69,89 | 7,66  | 22,45  | 4,60 | 7,94  | 4,90      | 49,00 | 46,10 | 0,42             | 1,88  | —1,33 | 3,62 | —    | A. Beutell  |
| 7  | Andesit                           | Aconcagua, Mendoza, Argentinien     | Obere Kreide              | 74,38 | 13,00 | 12,62  | 7,14 | 4,30  | 16,58     | 60,28 | 23,14 | 1,54             | 4,95  | —0,06 | —    | 3,10 | Gray        |
| 8  | Trachyt                           | Puente del Inca, Cordillere Mendoza | 110m Lagergang in Kreide  | 62,43 | 21,98 | 15,59  | 6,59 | 2,21  | 26,49     | 59,09 | 14,42 | 2,04             | 9,37  | 0,87  | —    | 2,39 | R. Müller   |
| 9  | Porphyry                          | Tamaya, Prov. Coquimbo, Chile       | Mesozoisch                | 69,20 | 29,10 | 1,70   | 9,16 | —0,51 | 32,02     | 67,98 | —     | 2,77             | 2,24  | 4,58  | 4,71 | 2,98 | C. Schwarz  |
| 10 | Porphyry-Bronzit-Augit            | Tamaya, Prov. Coquimbo, Chile       | Rhät. Lias                | 60,76 | 1,40  | 37,84  | 3,87 | 7,17  | unfrisch! | —     | —     | 3,59             | —     | —1,12 | —    | 1,40 | "           |
| 11 | Porphyrit                         | Don Pablo, Prov. Coquimbo, Chile    | Jurasisch?                | 60,51 | 20,77 | 18,72  | 5,12 | 4,55  | 15,81     | 53,38 | 30,81 | 1,17             | 7,84  | —1,35 | —    | 5,04 | v. Wolff    |
| 12 | Odinit, Anden-granitgefölge       | Tito, Prov. Coquimbo                | Nur wenige mächtige Gänge | 84,76 | 14,78 | 0,46   | 8,84 | 3,51  | 45,00     | 38,40 | 16,60 | 4,77             | 3,39  | 0,41  | 2,61 | 1,96 | Lindner     |
| 13 | Augitersanit, Anden-granitgefölge | Oberhalb Guanta, Prov. Coquimbo     | Gang                      | 66,08 | 38,52 | —4,60  | 6,33 | 3,86  | 10,89     | 65,74 | 23,37 | 0,90             | 7,15  | 4,55  | 5,71 | 3,70 | Soenderop   |
| 14 | Limburgit                         | Las Amolanas, Prov. Atakama         | Jurasisch                 | 48,60 | 65,28 | —13,88 | 3,54 | 5,07  | —         | —     | —     | 0,61             | 16,32 | 9,57  | 5,65 | 2,20 | Dittrich    |
| 15 | Liparitobsidian                   | Laguna de Maricunga, Atakama        | Quartär                   | 62,66 | 1,46  | 35,88  | 7,10 | 1,42  | 37,52     | 53,39 | 9,09  | 2,93             | 0,27  | —1,33 | —    | 0,92 | v. Wolff    |

Literatur: 1. P. D. Quensel, Bull. Geol. Inst. Upsala 1911, XI, — 2—4. H. Ziegenspeck, Dissertation Jena 1888. — 6. A. Beutell, An. de la Universidad. Santiago 1894, S. 864, 865. — 7. T. G. Bonney, Geol. Mag. 36, 1899, S. 4. — 9—15. v. Wolff, Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 51, 1899, S. 471—555.



## Die argentinischen Anden

A. Gewichts-

|                                       | 1      | 2     | 3      | 4                   | 5      | 6                   | 7      | 8                              | 9      | 10   |
|---------------------------------------|--------|-------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|--------------------------------|--------|--|
| SiO <sub>2</sub> . .                  | 59,66  | 68,97 | 63,18  | 67,97               | 62,63  | 60,71               | 71,93  | 65,24                          | 54,40  | 47,85  |
| TiO <sub>2</sub> . .                  | 0,53   | —     | —      | 0,74                | 0,82   | 0,77                | 0,30   | 1,05                           | 0,43   | 1,18   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . .     | 0,34   | —     | —      | —                   | 0,25   | 0,22                | Sp.    | 0,24                           | 0,21   | 0,23   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .    | 18,45  | 17,03 | 19,79  | 15,16               | 16,84  | 18,53               | 14,40  | 14,95                          | 19,62  | 16,59  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .    | 2,17   | 1,30  | 1,10   | 1,14                | 2,58   | 2,02                | 1,49   | 3,46                           | 2,10   | 4,32   |
| FeO . .                               | 3,30   | —     | 3,23   | 3,48                | 2,60   | 2,16                | 0,63   | 1,28                           | 2,56   | 6,16   |
| MnO . .                               | Sp.    | —     | —      | Sp.                 | —      | Sp.                 | Sp.    | Sp.                            | —      | —  |
| MgO . .                               | 1,84   | 0,79  | 1,51   | 1,80                | 3,57   | 1,26                | 0,47   | 1,11                           | 1,01   | 4,76   |
| CaO . .                               | 4,70   | 3,26  | 4,04   | 3,57                | 6,33   | 5,66                | 1,81   | 3,31                           | 5,33   | 9,84   |
| Na <sub>2</sub> O . .                 | 5,21   | 5,15  | 5,12   | 4,48                | 3,39   | 4,82                | 3,99   | 3,91                           | 7,21   | 3,72   |
| K <sub>2</sub> O . .                  | 2,70   | 1,70  | 2,42   | 1,34                | 1,58   | 1,93                | 4,58   | 4,16                           | 4,88   | 2,08   |
| Sonstige Bestandteile . .             | S 0,06 | —     | —      | SrO 0,04<br>Cl 0,03 | S 0,06 | SrO 0,04<br>Cl 0,03 | —      | CO <sub>2</sub> 0,07<br>S 0,07 | S 0,18 | Selt. Erden 0,18<br>CO <sub>2</sub> 0,10<br>S 0,10 |
| H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O — | 2,33   | 1,10  | 0,62   | 1,79                | 0,61   | 2,45                | 0,40   | 1,52                           | 3,23   | 2,61   |
| Sa. . .                               | 101,29 | 99,30 | 101,01 | 101,54              | 101,26 | 100,53              | 100,00 | 100,76                         | 101,16 | 99,62  |
| Spez. Gew.                            | 2,696  | —     | —      | 2,663               | 2,751  | 2,702               | 2,597  | 2,602                          | 2,626  | 2,905  |

B. Molekular-

|                                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . .               | 66,29 | 76,05 | 69,11 | 73,15 | 66,79 | 67,87 | 78,45 | 72,29 | 62,82 | 53,33 |
| TiO <sub>2</sub> . .               | 0,44  | —     | —     | 0,59  | 0,65  | 0,64  | 0,25  | 0,87  | 0,37  | 0,98  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . .  | 0,16  | —     | —     | —     | 0,11  | 0,10  | —     | 0,11  | 0,14  | 0,11  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 12,06 | 11,05 | 12,73 | 9,60  | 10,56 | 12,19 | 9,23  | 9,75  | 13,33 | 11,00 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 1,12  | —     | 0,51  | 0,57  | 1,35  | 0,83  | 0,92  | 2,23  | 0,90  | 2,35  |
| FeO . .                            | 3,75  | 1,06  | 3,34  | 3,47  | 3,02  | 2,88  | 0,87  | 1,83  | 2,47  | 6,99  |
| MnO . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . .                            | 3,07  | 1,30  | 2,47  | 2,91  | 5,71  | 2,11  | 0,77  | 1,84  | 1,74  | 8,00  |
| CaO . .                            | 5,59  | 3,86  | 4,73  | 4,12  | 7,23  | 6,78  | 2,11  | 3,93  | 6,59  | 11,75 |
| Na <sub>2</sub> O . .              | 5,60  | 5,49  | 5,42  | 4,67  | 3,50  | 5,23  | 4,21  | 4,20  | 8,05  | 4,01  |
| K <sub>2</sub> O . .               | 1,92  | 1,19  | 1,69  | 0,92  | 1,08  | 1,37  | 3,19  | 2,95  | 3,59  | 1,48  |

| Nr. | Gestein                          | Ort                                       | L     | M     |
|-----|----------------------------------|---|-------|-------|
| 1   | Andendioritporphyrit             | Cuesta de la Cienega, 2800 m, San Juan    | 78,32 | 15,74 |
| 2   | Dazit                            | Cerros blancos b. Zonda, San Juan         | 69,39 | 4,72  |
| 3   | Dazit                            | Los Blanquitas, westl. Gualilan, San Juan | 76,69 | 11,62 |
| 4   | Andendioritporphyrit             | Cuesta de la Yareta, 3050 m, Rioja        | 60,76 | 12,98 |
| 5   | Andendioritporphyrit             | Caldera Rioja, 3850 m, Rioja              | 60,56 | 19,96 |
| 6   | Andendioritporphyrit             | Rio Blanco, 1900 m, Rioja                 | 75,16 | 12,36 |
| 7   | Liparit                          | Agua del Medano, 3950 m, Catamarca        | 66,52 | 3,89  |
| 8   | Dazitischer Liparit              | Puerta de Aparoma, 3900 m, Catamarca      | 67,60 | 10,40 |
| 9   | Trachytephrit                    | Cuesta de Camera, 2100 m, Salta           | 99,88 | 18,22 |
| 10  | Essexit                          | Alemania, 1850 m, Salta                   | 65,96 | 42,46 |
| 11  | Glimmerandesit                   | Cuesta de Acay, 4900 m, Salta             | 69,12 | 12,65 |
| 12  | Pyroxenandesit                   | Tambo, 3000 m, Salta                      | 67,20 | 22,68 |
| 13  | Glimmerandesit (Glimmerstrachyt) | San Geronimo, 4900 m, Salta               | 69,32 | 14,48 |
| 14  | Glimmerandesit (Glimmerstrachyt) | Incaguasi, 3500 m, Jujui                  | 69,40 | 7,96  |
| 15  | Andendioritporphyrit             | Mina Rechaita, Chochinoca, 3900 m         | 70,64 | 14,12 |
| 16  | Andendioritporphyrit             | Corral Negro, 3750 m, Jujui               | 69,20 | 16,66 |
| 17  | Andengranit                      | Juncal-Tal. Zw. Guardia vieja u. nueva    | 65,09 | 10,42 |
| 18  | Andengranit                      | Janucillo, Monte Cumbre                   | 55,16 | 12,44 |
| 19  | Andendiorit                      | Rio Colorado, Juncal-Tal                  | 71,03 | 23,24 |
| 20  | Andendiorit                      | Cuesta del Cuzco, San Antoniotal          | 64,16 | 19,46 |

Literatur: Nr. 1–16. F. Tannhäuser, Petrographische Untersuchungen an jungvulkanischen S. 555–638. — Nr. 17–20. A. Stelzner, Beiträge zur Geol. und Paläontologie Argentinien.



von 30—22° südlicher Breite.

prozente.

| 11                    | 12               | 13     | 14               | 15      | 16      | 17     | 18     | 19     | 20     |
|-----------------------|------------------|--------|------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 61,27                 | 58,85            | 63,60  | 68,42            | 61,03   | 63,00   | 69,43  | 64,91  | 60,13  | 59,06  |
| 0,64                  | 0,81             | 0,52   | 0,31             | 0,79    | 0,89    | —      | —      | —      | —      |
| 0,12                  | —                | 0,19   | —                | —       | 0,19    | —      | —      | —      | —      |
| 16,37                 | 16,74            | 16,20  | 15,51            | 16,55   | 16,43   | 15,74  | 21,49  | 17,49  | 16,79  |
| 4,59                  | 3,91             | 4,02   | 1,07             | 2,34    | 1,06    | 0,93   | 1,09   | 2,89   | 3,47   |
| 1,18                  | 2,64             | 0,82   | 1,51             | 2,66    | 3,40    | 3,35   | 4,62   | 3,35   | 4,81   |
| Sp.                   | Sp.              | —      | —                | Sp.     | 0,05    | —      | —      | —      | —      |
| 2,29                  | 3,82             | 2,24   | 1,14             | 1,98    | 2,38    | 1,35   | 1,13   | 5,30   | 3,00   |
| 4,44                  | 5,93             | 4,29   | 2,71             | 3,98    | 4,09    | 2,07   | 0,71   | 3,72   | 5,22   |
| 3,34                  | 3,41             | 3,84   | 4,20             | 3,62    | 3,89    | 4,56   | 2,72   | 4,42   | 4,60   |
| 3,41                  | 3,26             | 4,13   | 4,08             | 3,74    | 3,66    | 2,99   | 3,55   | 3,02   | 2,79   |
| Selt. Erden 0,85      | Selt. Erden 0,44 | S 0,04 | Selt. Erden 0,12 | SrO Sp. | SrO Sp. | —      | —      | —      | —      |
| Li <sub>2</sub> O Sp. | SrO Sp.          | S 0,03 | —                | —       | S 0,06  | —      | —      | —      | —      |
| 2,00                  | 1,49             | 1,61   | 1,17             | 3,52    | 2,73    | 0,10   | —      | 1,04   | 0,95   |
| —                     | —                | —      | —                | —       | —       | —      | —      | —      | —      |
| 100,50                | 101,33           | 101,50 | 100,24           | 100,21  | 101,85  | 100,52 | 100,22 | 101,36 | 100,69 |
| 2,631                 | 2,681            | 2,640  | 2,574            | 2,665   | 2,671   | —      | —      | —      | —      |

prozente.

| 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 68,12 | 63,86 | 69,42 | 75,07 | 69,00 | 69,14 | 75,16 | 72,80 | 65,06 | 66,58 |
| 0,53  | 0,66  | 0,43  | 0,26  | 0,67  | 0,73  | —     | —     | —     | —     |
| 0,05  | —     | 0,09  | —     | —     | 0,09  | —     | —     | —     | —     |
| 11,26 | 10,96 | 10,40 | 10,08 | 11,00 | 10,61 | 10,01 | 14,18 | 11,13 | 11,11 |
| 3,12  | 2,22  | 2,78  | 0,53  | 1,27  | 0,49  | 0,38  | 0,46  | 1,17  | 1,47  |
| 1,79  | 3,35  | 1,26  | 1,73  | 3,22  | 3,48  | 3,02  | 4,32  | 3,02  | 4,53  |
| —     | —     | —     | —     | —     | 0,05  | —     | —     | —     | —     |
| 3,82  | 6,21  | 3,67  | 1,87  | 3,36  | 3,92  | 2,19  | 1,90  | 8,60  | 5,08  |
| 5,29  | 6,90  | 5,02  | 3,19  | 4,82  | 4,80  | 2,40  | 0,85  | 4,31  | 6,30  |
| 3,60  | 3,58  | 4,05  | 4,33  | 3,96  | 4,13  | 4,77  | 2,95  | 4,63  | 3,04  |
| 2,42  | 2,26  | 2,88  | 2,94  | 2,70  | 2,56  | 2,07  | 2,54  | 2,08  | 1,89  |

| Q      | A     | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker  |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------|------|-------------|
| 5,94   | 7,52  | 4,54 | 19,61 | 57,21 | 23,18 | 1,92             | 3,07 | 1,05  | 2,63 | 2,24 | Jannasch    |
| 25,89  | 6,68  | 3,86 | 13,82 | 63,76 | 22,42 | 1,19             | 1,30 | —0,51 | 1,06 | —    | Teichgräber |
| 11,69  | 7,11  | 4,73 | 17,82 | 57,18 | 25,00 | 1,69             | 2,47 | —0,89 | 2,83 | 1,02 | Wetzig      |
| 26,26  | 5,59  | 4,01 | 12,11 | 61,41 | 26,44 | 0,92             | 2,91 | 0,11  | 2,90 | 1,14 | Jannasch    |
| 19,48  | 4,58  | 5,98 | 14,36 | 46,54 | 39,10 | 1,08             | 5,71 | 1,25  | 1,67 | 2,70 | Rethwisch   |
| 12,48  | 6,60  | 5,59 | 14,57 | 55,65 | 29,78 | 1,37             | 2,11 | 1,19  | 2,05 | 1,66 | Jannasch    |
| 29,59  | 7,40  | 1,83 | 38,35 | 50,60 | 11,05 | 3,19             | 0,77 | 0,28  | —    | 1,79 | "           |
| 22,00  | 7,15  | 2,60 | 34,91 | 49,70 | 15,39 | 2,95             | 1,84 | 1,33  | —    | 4,06 | "           |
| —18,10 | 11,64 | 1,69 | —     | —     | —     | 3,59             | 1,74 | 4,90  | 1,57 | 1,80 | "           |
| —8,42  | 5,49  | 5,51 | —     | —     | —     | 1,48             | 8,00 | 6,24  | 4,64 | 4,70 | "           |
| 18,23  | 6,02  | 5,24 | 28,00 | 41,68 | 30,32 | 2,42             | 3,82 | 0,05  | —    | 4,91 | "           |
| 10,12  | 5,84  | 5,12 | 26,91 | 42,61 | 30,48 | 2,26             | 6,21 | 1,06  | 1,13 | 4,44 | "           |
| 16,20  | 6,93  | 3,47 | 33,22 | 46,71 | 20,07 | 2,88             | 3,67 | 1,55  | —    | 4,04 | "           |
| 22,64  | 7,27  | 2,81 | 33,87 | 49,89 | 16,24 | 2,94             | 1,87 | 0,38  | 1,20 | 1,06 | "           |
| 15,24  | 6,66  | 4,34 | 30,58 | 44,85 | 24,57 | 2,70             | 3,36 | 0,48  | 1,95 | 2,54 | "           |
| 14,14  | 6,69  | 3,92 | 29,60 | 47,74 | 22,66 | 2,56             | 3,92 | 0,88  | 3,04 | 0,98 | "           |
| 24,49  | 6,84  | 2,40 | 25,75 | 59,33 | 14,92 | 2,07             | 2,19 | —0,77 | 2,64 | 0,76 | H. Schlapp  |
| 32,40  | 5,49  | 0,85 | —     | —     | —     | 2,54             | 1,90 | —7,84 | 3,86 | 0,92 | Jenkins     |
| 5,73   | 6,71  | 4,31 | 23,45 | 52,20 | 24,35 | 2,05             | 8,60 | —0,11 | 1,85 | 2,34 | Müller      |
| 16,38  | 4,93  | 6,18 | 23,57 | 37,90 | 38,53 | 1,89             | 5,08 | 0,12  | 3,06 | 2,94 | Wetzig      |

Gesteinen aus der argentinischen Republik. Neues Jahrb. für Min., Geol. Beilage Bd. XXII, 1906, 1885. S. 208.



## Sierra de Cordoba, Argentinien.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1                              | 2                 | 3      | 4  | 5                    | 6                              | 7                 | 8                     |
|--|--------------------------------|-------------------|--------|--|----------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 66,99                          | 63,74             | 57,35  | 60,90                                      | 61,99                | 60,68                          | 60,90             | 54,92                 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,13                           | 0,71              | 0,64   | 0,37                                       | 1,18                 | 0,49                           | 0,46              | 0,51                  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —                              | 0,05              | 0,08   | —  | 0,25                 | 0,22                           | 0,24              | 0,24                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 16,48                          | 17,35             | 17,54  | 16,77                                      | 17,10                | 18,36                          | 17,67             | 17,46                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,55                           | 2,15              | 3,33   | 2,78                                       | 3,17                 | 1,63                           | 2,71              | 4,40                  |
| FeO . . . . .                            | 1,26                           | 1,62              | 3,87   | 1,16                                       | 1,72                 | 2,58                           | 1,70              | 3,09                  |
| MnO . . . . .                            | 0,43                           | Sp.               | Sp.    | Sp.  | —                    | Sp.                            | 0,17              | 0,07                  |
| MgO . . . . .                            | 0,45                           | 1,06              | 4,29   | 1,09                                       | 1,76                 | 1,15                           | 1,49              | 2,66                  |
| CaO . . . . .                            | 4,05                           | 3,13              | 6,91   | 5,28                                       | 4,74                 | 4,95                           | 4,93              | 7,42                  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,81                           | 5,70              | 4,01   | 5,19                                       | 4,52                 | 5,33                           | 5,27              | 4,53                  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,71                           | 4,36              | 2,54   | 3,38                                       | 3,80                 | 2,89                           | 3,15              | 3,03                  |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | CO <sub>2</sub> 0,29<br>S 0,08 | SrO Sp.<br>S 0,03 | S 0,03 | Seltene Erden<br>SrO Sp.<br>S 0,57<br>3,15 | CO <sub>2</sub> 0,48 | CO <sub>2</sub> 0,74<br>S 0,03 | SrO Sp.<br>S 0,05 | Seltene Erden<br>0,13 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,56                           | 0,78              | 0,79   | —  | 1,10                 | 2,39                           | 1,31              | 1,12                  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —                              | —                 | —      | —  | —                    | —                              | —                 | —                     |
| Sa. . . . .                              | 99,79                          | 100,68            | 101,38 | 100,93                                     | 101,81               | 101,44                         | 100,05            | 99,58                 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 2,585                          | 2,660             | 2,766  | 2,680                                      | 2,720                | 2,663                          | 2,690             | 2,773                 |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 74,11 | 70,27 | 61,50 | 68,63 | 67,86 | 67,92 | 67,70 | 61,05 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | 0,60  | 0,51  | 0,31  | 0,97  | 0,41  | 0,38  | 0,42  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,06  | 0,02  | 0,04  | —     | 0,11  | 0,10  | 0,11  | 0,11  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,73 | 11,25 | 11,07 | 11,31 | 11,00 | 12,09 | 11,56 | 11,50 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,87  | 1,21  | 1,71  | 1,79  | 1,89  | 0,84  | 1,60  | 2,57  |
| FeO . . . . .                            | 1,58  | 2,05  | 4,43  | 1,65  | 2,28  | 2,94  | 2,23  | 4,02  |
| MnO . . . . .                            | 0,41  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,16  | 0,06  |
| MgO . . . . .                            | 0,74  | 1,75  | 6,90  | 1,84  | 2,89  | 1,92  | 2,49  | 4,43  |
| CaO . . . . .                            | 4,80  | 3,70  | 7,94  | 6,38  | 5,56  | 5,94  | 5,87  | 8,83  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,08  | 6,08  | 4,16  | 5,66  | 4,79  | 5,78  | 5,67  | 4,87  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,62  | 3,07  | 1,74  | 2,43  | 2,65  | 2,06  | 2,23  | 2,14  |



| Nr. | Gestein                | Ort  | Lage-<br>rung     | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|------------------------|--|-------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|------|------|------|------------|
| 1   | Hornblende-<br>andesit | Westlich Cerro del<br>Morro, 1050 m, San<br>Luis | Grenze<br>Quartär | 69,72 | 7,00  | 23,28 | 6,70 | 4,03 | 30,05 | 46,79 | 23,16 | 2,62             | 0,74 | 0,77 | 0,71 | 1,74 | Kieh       |
| 2   | Hornblende-<br>andesit | Cerro del Morro,<br>1600 m, San Luis             |                   | 81,60 | 10,80 | 7,60  | 9,15 | 2,10 | 30,10 | 59,61 | 10,29 | 3,07             | 1,75 | 1,60 | 0,84 | 2,42 | Jannasch   |
| 3   | Hornblende-<br>andesit | Cerro Largos,<br>1600 m, San Luis                |                   | 67,88 | 28,20 | 3,92  | 5,90 | 5,17 | 20,50 | 49,00 | 30,50 | 1,74             | 6,90 | 2,77 | 2,72 | 3,42 | Stokes     |
| 4   | Hornblende-<br>andesit | Cerro del Sololosta,<br>2050 m                   |                   | 77,60 | 13,44 | 8,96  | 8,09 | 3,22 | 25,05 | 58,35 | 16,60 | 2,43             | 1,84 | 3,16 | —    | 3,44 | Jannasch   |
| 5   | Hornblende-<br>andesit | Cerro del Valle,<br>Cañada Honda,<br>1650 m      |                   | 73,76 | 14,34 | 11,90 | 7,44 | 3,56 | 28,74 | 51,95 | 19,31 | 2,65             | 2,89 | 2,00 | 0,39 | 3,78 | Möller     |
| 6   | Hornblende-<br>andesit | Cerro Tomalasta,<br>2150 m                       |                   | 79,72 | 13,10 | 7,18  | 7,84 | 4,25 | 20,66 | 57,97 | 21,37 | 2,06             | 1,92 | 1,69 | 2,10 | 1,68 | Jannasch   |
| 7   | Hornblende-<br>andesit | Cerro de Don<br>Prajido, 1950 m                  |                   | 77,84 | 14,18 | 7,98  | 7,90 | 3,66 | 22,92 | 58,27 | 18,81 | 2,23             | 2,49 | 2,21 | 0,79 | 3,20 | Jannasch   |
| 8   | Pyroxen-<br>andesit    | Cerro del Poca,<br>1550 m, Cordoba               |                   | 74,04 | 25,70 | 0,26  | 7,01 | 4,49 | 23,11 | 52,59 | 24,30 | 2,14             | 4,43 | 4,34 | 1,51 | 5,14 | Jannasch   |

Literatur: F. Tannhäuser, N. Jahrb. f. Min. BB. 22, 1906, S. 592—602.



## Bolivien, Peru.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3     | 4     | 5      | 6      |
|--|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 68,05  | 68,18  | 65,39 | 63,86 | 63,19  | 60,09  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —      | —     | —     | 0,18   | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | Sp.    | Sp.    | Sp.   | —     | 0,25   | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,95  | 16,86  | 17,20 | 16,52 | 18,65  | 19,04  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,97   | 6,12   | 6,39  | 5,91  | 4,01   | 3,14   |
| FeO . . . . .                            | —      | —      | —     | —     | 1,89   | 1,89   |
| MnO . . . . .                            | Sp.    | Sp.    | Sp.   | Sp.   | 0,13   | —      |
| MgO . . . . .                            | 1,40   | 0,71   | Sp.   | 1,60  | 1,20   | 4,20   |
| CaO . . . . .                            | 3,65   | 5,85   | 5,74  | 3,71  | 4,86   | 2,91   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,56   | 2,40   | 2,73  | 3,16  | 3,69   | 5,26   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,25   | 0,21   | 0,47  | 2,47  | 1,95   | 2,95   |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —      | —      | —     | —     | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,78   | 0,73   | 0,59  | 0,93  | 0,07   | 0,98   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —     | —     | —      | —      |
| Sa. . . . .                              | 100,61 | 100,56 | 98,51 | 98,16 | 100,07 | 100,46 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —      | —      | —     | —     | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 75,63 | 76,06 | 75,17 | 73,57 | 70,68 | 66,45 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | 0,15  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | Sp.   | Sp.   | Sp.   | —     | 0,12  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,74 | 11,06 | 11,63 | 11,20 | 12,39 | 12,39 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,24  | 2,56  | 2,75  | 2,55  | 1,68  | 1,30  |
| FeO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | 1,76  | 1,74  |
| MnO . . . . .                            | Sp.   | Sp.   | Sp.   | Sp.   | 0,12  | —     |
| MgO . . . . .                            | 2,33  | 1,19  | Sp.   | 2,76  | 2,01  | 6,97  |
| CaO . . . . .                            | 4,35  | 6,39  | 7,07  | 4,58  | 5,83  | 3,45  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,83  | 2,59  | 3,04  | 3,52  | 3,99  | 5,62  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,88  | 0,15  | 0,34  | 1,82  | 1,39  | 2,08  |



| N | Gestein                        | Ort                           | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker  |
|---|--------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|-------------|
| 1 | Dazit                          | Cerro Quimsa, Chata, Bolivien | 57,76 | 5,90  | 36,34 | 4,71 | 4,35 | 0,88             | 2,33 | —2,68 | —    | 1,24 | F. Rudolph  |
| 2 | Hornblendeandesit              | Vulkan Sajama, Bolivien       | 49,41 | 4,94  | 45,65 | 2,74 | 6,39 | 0,15             | 1,19 | —1,93 | —    | 2,56 | "           |
| 3 | Hornblendeandesit              | Vulkan Sajama, Bolivien       | 56,50 | 2,75  | 40,75 | 3,38 | 7,07 | 0,34             | Sp.  | —1,18 | —    | 2,75 | "           |
| 4 | Hornblendeoxyroxen-<br>andesit | Vulkan Sajama, Bolivien       | 62,32 | 8,07  | 29,61 | 5,34 | 4,58 | 1,82             | 2,76 | —1,28 | —    | 2,55 | "           |
| 5 | Dazit                          | Monte Tajumbina, Peru         | 67,42 | 7,78  | 24,80 | 5,38 | 5,83 | 1,39             | 2,01 | —1,06 | 0,08 | 3,36 | Hoepfner    |
| 6 | Andesit                        | Vulkan Misti                  | 76,64 | 17,42 | 5,94  | 7,70 | 3,45 | 2,08             | 6,97 | —1,24 | 0,44 | 2,60 | F. H. Hatch |

Literatur: 1—4. F. Rudolph, *Tscherm. Mitt.* IX, 1888, S. 311, 306, 299.

5. C. Hoepfner, *Inaug.-Diss.* Halle 1881, S. 32.

6. F. H. Hatch, *Tscherm. Mitt.* VII, 1886, S. 328.



## Ecuador I. Westkordillere, Chimborazo.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4      | 5     | 6      | 7      | 8      | 9     | 10     | 11     | 12          | 13    | 14     |
|--|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 75,71 | 62,80 | 62,30 | 60,34  | 60,10 | 55,64  | 71,32  | 65,09  | 63,73 | 60,69  | 60,32  | 59,12       | 58,00 | 57,10  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —      | —     | —      | 0,35   | —      | 2,48  | —      | —      | —           | —     | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —      | —     | —      | 0,10   | —      | —     | —      | —      | —           | —     | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 13,73 | 16,36 | 14,46 | 15,66  | 15,56 | 21,45  | 16,52  | 15,58  | 17,17 | 16,90  | 16,92  | 13,48       | 18,00 | 17,25  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —     | —     | —     | —      | —     | 5,41   | 0,44   | 3,83   | 4,06  | —      | 5,88   | 7,27        | 3,72  | 10,75  |
| FeO . . . . .                            | 4,51  | 7,11  | 7,71  | 8,13   | 7,83  | 6,58   | 0,36   | 1,73   | 0,61  | —      | 1,40   | —           | 2,73  | —      |
| MgO . . . . .                            | 0,45  | 3,05  | 2,14  | 2,11   | 1,92  | 3,10   | 0,54   | 4,10   | 1,29  | 1,47   | 3,52   | 5,41        | 3,56  | 2,50   |
| CaO . . . . .                            | 1,47  | 3,63  | 6,97  | 6,97   | 5,97  | 5,59   | 2,50   | 2,61   | 2,65  | 7,47   | 5,64   | 6,50        | 6,96  | 5,00   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 0,96  | 4,50  | 4,80  | 5,12   | 5,11  | 3,08   | 4,73   | 4,46   | 4,53  | 2,90   | 3,83   | 3,46        | 4,36  | 5,12   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,61  | 0,80  | 1,72  | 0,90   | 1,69  | 1,60   | 2,42   | 1,99   | 2,11  | 1,61   | 2,42   | 2,64        | 2,12  | 2,10   |
| Sonstige Bestandtheile                   | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —      | Cl     | —     | —      | —      | nicht best. | —     | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 2,00  | 1,00  | 0,98  | 0,87   | 0,95  | —      | 0,82   | 0,41   | 0,83  | 0,55   | 0,44   | —           | 0,32  | 0,25   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —           | —     | —      |
| Sa. . . . .                              | 99,44 | 99,25 | 99,46 | 100,10 | 98,43 | 102,45 | 100,10 | 99,80  | 99,46 | 100,26 | 100,37 | 97,88       | 99,77 | 100,07 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 2,385 | 2,561 | 2,664 | —      | —     | —      | 2,62   | 2,6853 | 2,67  | —      | —      | 2,806       | —     | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 83,10 | 68,51 | 67,79 | 65,24 | 66,77 | 61,55 | 78,02 | 71,01 | 72,24 | 66,57 | 66,87 | 63,84 | 64,00 | 62,95 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,29  | —     | 2,11  | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,04  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,86  | 10,49 | 9,26  | 9,96  | 10,16 | 13,95 | 10,63 | 10,00 | 11,45 | 10,90 | 11,03 | 8,57  | 11,68 | 11,18 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 4,12  | 6,46  | 6,99  | 7,32  | 7,24  | 6,07  | 0,18  | 1,56  | 1,72  | —     | 2,44  | —     | 1,54  | —     |
| FeO . . . . .                            | 0,74  | 4,99  | 3,49  | 3,42  | 2,03  | 5,14  | 0,33  | 1,57  | 0,58  | 7,13  | 1,29  | 5,88  | 2,51  | 8,89  |
| MgO . . . . .                            | 1,73  | 4,24  | 6,23  | 5,88  | 7,11  | 6,62  | 0,89  | 6,71  | 2,19  | 2,42  | 5,85  | 8,76  | 5,89  | 4,13  |
| CaO . . . . .                            | 1,02  | 4,75  | 5,05  | 8,08  | 7,11  | 6,62  | 2,92  | 3,05  | 3,22  | 8,78  | 6,70  | 7,52  | 8,23  | 5,91  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | —     | —     | —     | 5,36  | 5,49  | 3,30  | 5,01  | 4,71  | 4,97  | 3,08  | 4,11  | 3,61  | 4,65  | 5,46  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,43  | 0,56  | 1,19  | 0,62  | 1,20  | 1,13  | 1,69  | 1,39  | 1,52  | 1,12  | 1,71  | 1,82  | 1,50  | 1,48  |



| N <sup>o</sup> | Gestein                         | Ort   | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab       | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|----------------|---------------------------------|---|-------|-------|-------|------|------|-------|----------|-------|------------------|------|-------|------|------|------------------|
| 1              | Dazit                           | Alausi  | 24,20 | 9,72  | 66,08 | 1,45 | 1,73 |       | unfrisch |       | 0,43             | 0,74 | —5,68 | 4,12 | —    | Siemiradzki      |
| 2              | Hornblende-<br>andesit          | Zechzech b. Alausi                                | 60,38 | 22,90 | 16,72 | 5,31 | 4,24 | 7,54  | 63,93    | 28,53 | 0,56             | 4,99 | —0,94 | 6,46 | —    | "                |
| 3              | Augitandesit                    | Zechzech b. Alausi                                | 62,00 | 27,38 | 10,62 | 6,24 | 3,02 | 15,35 | 65,17    | 19,48 | 1,19             | 3,49 | 3,21  | 6,99 | —    | "                |
| 4              | Hornblende-<br>augitandesit     | Zechzech b. Alausi                                | 63,76 | 29,68 | 6,56  | 5,98 | 3,98 | 7,78  | 67,25    | 24,97 | 0,62             | 3,42 | 4,10  | 7,32 | —    | "                |
| 5              | Hornblende-<br>augitandesit     | Zechzech b. Alausi                                | 67,40 | 25,82 | 6,78  | 6,69 | 3,47 | 14,25 | 65,12    | 20,63 | 1,20             | 2,03 | 3,64  | 7,24 | —    | "                |
| 6              | Hypersthen-<br>andesit          | Rio Alausi u. Rio Chanchan                        | 64,82 | 22,42 | 12,76 | 4,43 | 6,62 | 14,60 | 42,63    | 42,77 | 1,13             | 5,14 | —2,90 | 3,83 | 4,48 | "                |
| 7              | Glimmer-<br>dazit<br>präglazial | Quebrada de Punin,<br>Cerro de Yarruquies         | 66,29 | 2,29  | 31,42 | 6,70 | 2,92 | 20,71 | 61,40    | 17,89 | 1,69             | 0,89 | —1,01 | 0,15 | 0,36 | Lindner          |
| 8              | Pyroxen-<br>andesit             | Chimborazo, 15 180 Fuß<br>= 4931 m                | 61,85 | 16,56 | 21,59 | 6,10 | 3,05 | 18,21 | 61,73    | 20,06 | 1,39             | 6,71 | —0,85 | 0,01 | 3,12 | Abich            |
| 9              | Pyroxen-<br>andesit             | Chimborazo  | 66,54 | 6,68  | 26,78 | 6,49 | 3,22 | 18,77 | 61,36    | 19,87 | 1,52             | 2,19 | —1,74 | —    | 2,30 | Lindner          |
| 10             | Pyroxen-<br>andesit             | Chimborazo, 17 916 Fuß<br>= 5820 m                | 60,40 | 23,26 | 16,34 | 4,20 | 6,70 | 14,83 | 40,80    | 44,37 | 1,12             | 2,42 | 2,08  | 7,13 | —    | Sackur           |
| 11             | Pyroxen-<br>andesit             | Hazienda Chuquipoquio,<br>Ostseite des Chimborazo | 67,40 | 18,41 | 14,19 | 5,82 | 5,21 | 20,30 | 48,78    | 30,92 | 1,71             | 5,85 | 1,49  | —    | 3,73 | Schwager         |
| 12             | Pyroxen-<br>andesit             | Chimborazo, 17 916 Fuß<br>= 5820 m                | 56,00 | 38,04 | 5,96  | 5,43 | 3,14 | 26,00 | 51,57    | 22,43 | 1,82             | 8,76 | 4,38  | 5,88 | —    | Rammels-<br>berg |
| 13             | Amphibol-<br>andesit            | Südostseite Chimborazo,<br>13 600 Fuß = 4418 m    | 71,32 | 22,20 | 6,48  | 6,15 | 5,53 | 16,81 | 52,13    | 31,06 | 1,50             | 5,89 | 2,70  | 0,97 | 3,08 | Schwager         |
| 14             | Basalt                          | Nordwestseite Chimborazo,<br>Schneegrenze         | 72,48 | 29,38 | —1,86 | 6,94 | 4,24 | 16,34 | 60,26    | 23,40 | 1,48             | 4,13 | 1,67  | 8,89 | —    | Schwager         |



Ecuador II. Ostkordillere: Tunguragua, Quilindaña, Cotopaxi, Rumiñahui, Sincholagua.  
A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5     | 6      | 7  | 8     | 9                    | 10     | 11     |
|--|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--|-------|----------------------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 57,25  | 56,50  | 56,23  | 62,98  | 69,00 | 59,61  | 56,89  | 73,77 | 55,34                | 52,92  | 58,82  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —      | 0,48   | 0,68   | —     | —      | Sp.  | —     | —                    | —      | 0,36   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,25   | —      | —      | 0,25   | 0,24  | 0,11   | Sp.  | —     | 0,36                 | 0,78   | 0,25   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,18  | 15,06  | 15,25  | 15,50  | 14,48 | 18,66  | 19,72  | 10,83 | 16,25                | 16,66  | 16,35  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —      | 13,52  | 6,13   | 2,88   | 1,25  | 3,03   | 4,06   | 1,80  | 5,59                 | 4,76   | 5,50   |
| FeO . . . . .                            | 6,60   | —      | 3,60   | 2,85   | 1,01  | 4,00   | 3,65   | —     | 2,83                 | 4,89   | 2,36   |
| MnO . . . . .                            | 0,57   | —      | —      | —      | —     | —      | —  | —     | —                    | —      | —      |
| MgO . . . . .                            | 4,31   | 2,72   | 5,38   | 3,17   | 0,36  | 2,50   | 1,91   | 1,30  | 5,51                 | 7,96   | 4,37   |
| CaO . . . . .                            | 6,29   | 6,23   | 7,35   | 2,95   | 2,34  | 6,60   | 5,87   | 1,21  | 3,93                 | 4,06   | 4,06   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,71   | 4,55   | 4,18   | 5,90   | 6,00  | 4,27   | 5,14   | 4,09  | 4,81                 | 5,12   | 5,31   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,75   | 1,35   | 1,50   | 2,77   | 2,76  | 1,56   | 1,96   | 3,90  | 1,51                 | 0,89   | 2,02   |
| Sonstige Bestandteile.                   | —      | —      | —      | —      | —     | —      | SO <sub>2</sub><br>Cl<br>Li <sub>2</sub> O } Sp. | —     | CO <sub>2</sub> 1,51 | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,59   | 0,30   | 0,23   | 0,70   | 2,19  | —      | —  | 2,85  | 3,06                 | 0,80   | 1,05   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —  | —     | —                    | —      | —      |
| Sa. . . . .                              | 100,50 | 100,23 | 100,33 | 100,63 | 99,63 | 100,34 | 99,82  | 99,75 | 100,70               | 100,49 | 100,45 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 2,71   | —      | 2,77   | 2,582  | 2,385 | 2,678  | —  | 2,223 | 2,674                | 2,858  | 2,736  |

B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 61,59 | 61,74 | 61,25 | 69,49 | 77,15 | 65,50 | 64,34 | 80,90 | 63,18 | 53,51 | 65,64 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | 0,39  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,11  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,17  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,87 | 9,68  | 9,80  | 9,94  | 9,52  | 12,05 | 13,12 | 6,99  | 10,91 | 16,84 | 10,66 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —     | —     | 2,48  | 1,18  | 0,52  | 1,25  | 1,72  | 1,48  | 2,39  | 4,81  | 2,29  |
| FeO . . . . .                            | 5,92  | 11,08 | 3,27  | 2,59  | 0,94  | 3,66  | 3,44  | —     | 2,69  | 4,94  | 2,18  |
| MnO . . . . .                            | 0,51  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 6,95  | 4,46  | 8,76  | 5,20  | 0,60  | 4,12  | 3,22  | 2,14  | 9,43  | 8,05  | 7,28  |
| CaO . . . . .                            | 7,25  | 7,29  | 8,56  | 3,44  | 2,81  | 7,79  | 7,12  | 1,42  | 4,81  | 5,77  | 4,83  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,91  | 4,81  | 4,44  | 6,23  | 6,49  | 4,54  | 5,62  | 4,34  | 5,32  | 5,18  | 5,69  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,89  | 0,94  | 1,05  | 1,93  | 1,97  | 1,09  | 1,42  | 2,73  | 1,10  | 0,90  | 1,43  |



| N <sup>o</sup> | Gestein                   | Ort   | L     | M     | Q     | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO   | Mt   | Analytiker                          |
|----------------|---------------------------|---|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|-------|------|-------------------------------------|
| 1              | Pyroxenandesit (Basalt)   | Tunguragua  | 70,68 | 33,12 | —3,80 | 6,80 | 4,07  | 21,38 | 55,54 | 23,08 | 1,89             | 6,95 | 3,18  | 5,92  | —    | Boehm                               |
| 2              | Pyroxenandesit            | Tunguragua  | 61,72 | 37,80 | 0,48  | 5,75 | 3,93  | 12,17 | 62,31 | 25,52 | 0,94             | 4,46 | 3,36  | 11,08 | —    | Gümbel                              |
| 3              | Pyroxenandesit            | Tunguragua  | 61,16 | 32,56 | 6,28  | 5,49 | 4,31  | 13,72 | 58,04 | 28,24 | 1,05             | 8,76 | 4,25  | 0,79  | 4,96 | Lindner                             |
| 4              | Hornblende-pyroxenandesit | Toruncaldera, Quilidãna, 4400 m                                   | 72,40 | 18,90 | 8,70  | 8,16 | 1,78  | 21,33 | 68,84 | 9,83  | 1,93             | 5,20 | 1,66  | 1,41  | 9,36 | Young                               |
| 5              | Biotitandesit             | Incaloma, 4400 m, NW Fuß Cotopaxi                                 | 71,92 | 6,58  | 21,50 | 8,46 | 1,06  | 21,91 | 72,19 | 5,90  | 1,97             | 0,60 | 1,75  | 0,42  | 1,04 | Young                               |
| 6              | Hornblende-pyroxenandesit | Yanasacha-Volcan, neuer Strom des Cotopaxi, 4071 m                | 70,72 | 18,30 | 10,98 | 5,63 | 6,42  | 12,33 | 51,36 | 36,31 | 1,09             | 4,12 | 1,37  | 2,41  | 2,50 | Young                               |
| 7              | Andesitasche              | Cotopaxi, 22. Juli 1885   | 80,64 | 15,40 | 3,96  | 7,04 | 6,08  | 14,09 | 55,75 | 30,16 | 1,42             | 3,22 | 1,04  | 1,72  | 3,44 | Mallet<br>P. R. Soc.<br>XLIII, 1887 |
| 8              | Bimstein                  | Latacunga   | 55,92 | 9,00  | 35,08 | 7,07 | —0,08 | 38,16 | 61,84 | 0,00  | 2,73             | 2,14 | 1,42  | —     | 1,40 | Abich                               |
| 9              | Biotitdazit (Andesit)     | Caldera des Rumiñahui, 3950 m                                     | 69,32 | 24,88 | 5,80  | 6,42 | 4,49  | 11,42 | 55,24 | 33,34 | 1,10             | 9,43 | 0,32  | 0,30  | 4,78 | Young                               |
| 10             | Feldspatbasalt            | Panango Hondon, Ostseite des Rumiñahui                            | 76,71 | 25,98 | —2,69 | 6,08 | 5,77  | —     | —     | —     | 0,90             | 8,05 | —4,99 | 0,13  | 9,62 | Young                               |
| 11             | Hornblende-pyroxenandesit | Paso de Barbon-pata, Ceballos-chura Rio Isco, Sincholagua, 3674 m | 71,12 | 21,61 | 7,27  | 7,12 | 3,54  | 16,09 | 64,00 | 19,91 | 1,43             | 7,28 | —0,99 | —     | 4,47 | Young                               |



## Ecuador III. Ostkordillere: Antisana, Guamani.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1      | 2     | 3      | 4      | 5      | 6     | 7      | 8      | 9      | 10     | 11    | 12     | 13     |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 73,61  | 71,94 | 65,23  | 61,97  | 76,36  | 76,33 | 72,46  | 74,59  | 76,48  | 62,14  | 73,16 | 73,61  | 72,70  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —      | —     | —      | Sp.    | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | Sp.    | 0,19  | Sp.    | Sp.    | —      | 0,01  | —      | —      | —      | —      | 0,18  | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 13,01  | 13,06 | 13,86  | 18,98  | 10,43  | 12,89 | 12,80  | 12,88  | 12,06  | 22,30  | 11,97 | 12,01  | 13,79  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 2,66   | 2,23  | 4,78   | 4,19   | 0,54   | 1,17  | 2,32   | 0,80   | 0,95   | Sp.    | 2,23  | 2,27   | 1,01   |
| FeO . . .                            | 0,51   | 0,34  | 0,52   | 2,29   | 0,98   | 0,32  | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| MnO . . .                            | —      | —     | —      | —      | —      | —     | Sp.    | 0,30   | 0,39   | Sp.    | 1,08  | 0,20   | 0,65   |
| MgO . . .                            | 0,53   | 0,38  | 2,12   | 1,95   | 0,88   | 0,08  | Sp.    | 0,76   | 0,64   | 3,29   | 2,67  | 0,89   | 2,07   |
| CaO . . .                            | 1,34   | 1,33  | 4,52   | 7,07   | 0,97   | 0,72  | 1,35   | 3,30   | 4,89   | 10,58  | 3,55  | 3,34   | 4,93   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 6,69   | 3,44  | 3,96   | 2,95   | 6,01   | 5,45  | 4,48   | 5,35   | 3,78   | 1,69   | 4,56  | 3,82   | 4,33   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,02   | 4,40  | 1,88   | 1,02   | 3,07   | 2,49  | 4,11   | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| Sonstige Bestandteile                | —      | —     | S 0,26 | —      | S 0,07 | —     | —      | —      | 0,77   | 0,20   | 0,16  | 3,35   | 1,10   |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,04   | 1,79  | 2,41   | 0,19   | 0,33   | —     | —      | 1,03   | —      | —      | —     | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      |
| Sa. . . .                            | 100,41 | 99,30 | 99,54  | 100,61 | 99,64  | 99,81 | 100,44 | 99,01  | 99,96  | 100,20 | 99,56 | 100,49 | 100,58 |
| Spez. Gew. .                         | 2,355  | 2,348 | 2,566  | 2,579  | 2,489  | 2,34  | 2,38   | 2,3235 | 2,4005 | 2,647  | 2,359 | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 79,43 | 80,69 | 73,57 | 68,39 | 81,54 | 82,63 | 80,39 | 82,29 | 82,50 | 68,97 | 78,70 | 81,41 | 78,77 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | 0,09  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,09  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 8,26  | 8,61  | 9,20  | 12,32 | 6,55  | 8,21  | 8,35  | 8,36  | 7,65  | 14,56 | 7,58  | 7,81  | 8,78  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,07  | 0,94  | 2,02  | 1,74  | 0,22  | 0,47  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| FeO . . .                            | 0,46  | 0,31  | 0,49  | 2,11  | 0,87  | 0,29  | 1,93  | 0,66  | 0,77  | —     | 1,98  | 2,06  | 0,82  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 0,85  | 0,64  | 3,59  | 3,22  | 1,41  | 0,13  | —     | 0,50  | 0,63  | —     | 1,74  | 0,33  | 1,05  |
| CaO . . .                            | 1,55  | 1,83  | 6,46  | 8,36  | 1,11  | 0,84  | 1,60  | 0,90  | 0,74  | 3,91  | 3,08  | 1,06  | 2,41  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 6,99  | 3,74  | 4,32  | 3,15  | 6,21  | 5,71  | 4,81  | 3,52  | 5,11  | 11,36 | 3,70  | 4,64  | 5,17  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,39  | 3,15  | 1,35  | 0,71  | 2,09  | 1,72  | 2,92  | 4,77  | 2,60  | 1,20  | 3,13  | 2,69  | 3,00  |



| N  | Gestein   | Ort  | L      | M     | Q      | A     | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker  |
|----|---|--|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------|------|-------------|
| 1  | Liparitobsidian<br>ohne Sphaerolithen                           | Barbon-pata, SO Ureucui,<br>Antisana                 | 66,08  | 6,93  | 26,99  | 8,38  | —0,12 | 16,83 | 83,17 | —     | 1,39             | 0,85 | 1,55  | —    | 1,53 | v. Wolff    |
| 2  | Liparitobsidian mit<br>Lithophysen                              | O. Ureucui, Fussgeb. Antisana                        | 62,00  | 2,75  | 35,25  | 6,89  | 1,72  | 40,65 | 48,26 | 11,09 | 3,15             | 0,64 | 0,11  | —    | 1,25 | Elich       |
| 3  | Dazit (Andesit)   | Westende, Laguna de Papallacta<br>Antisana           | 59,48  | 13,55 | 26,97  | 5,67  | 3,53  | 18,15 | 58,06 | 23,79 | 1,35             | 3,59 | 1,93  | —    | 2,51 | Elich       |
| 4  | Pyropenandesit<br>(den Obsidian über-<br>lagernd)               | Zwischen Paluquillo und<br>Jalagotal, Guamaní 3361 m | 64,42  | 10,66 | 24,92  | 3,86  | 8,36  | 8,84  | 39,17 | 51,99 | 0,71             | 3,22 | —0,10 | 0,37 | 3,48 | Tietze      |
| 5  | Perlit  | Tablon de Itulgache, W Guamaní                       | 52,40  | 11,16 | 36,44  | 8,30  | —1,75 | 31,91 | 68,09 | —     | 2,09             | 1,41 | 1,11  | 0,65 | 0,44 | v. Wolff    |
| 6  | Obsidian  | Encañada, Corral de Itulgache,<br>Guamaní            | 62,56  | 1,14  | 36,30  | 7,43  | 0,78  | 22,00 | 73,02 | 4,98  | 1,72             | 0,13 | 0,06  | —    | 0,76 | Elich       |
| 7  | Perlit  | Tablon de Itulgache, Guamaní                         | 64,32  | 5,82  | 29,86  | 7,73  | 0,62  | 36,41 | 59,80 | 3,79  | 2,92             | —    | 0,98  | 1,93 | —    | Rammelsberg |
| 8  | Glas des Perlits  | Tablon de Itulgache, Guamaní                         | 62,09  | 2,32  | 35,59  | 7,29  | 0,90  | 48,71 | 45,48 | 5,81  | 3,77             | 0,50 | —0,17 | 0,66 | —    | Lagorio     |
| 9  | Sphaerolith   | Tablon de Itulgache, Guamaní                         | 61,20  | 4,52  | 34,28  | 7,71  | —0,06 | 33,99 | 66,01 | —     | 2,60             | 0,63 | 0,74  | 0,77 | —    | Lagorio     |
| 10 | Feldspat in den<br>Sphaerolithen<br>= Anemosit<br>und Carnegeit | Tablon de Itulgache, Guamaní<br>4300 m               | 108,48 | 3,82  | —12,30 | 12,56 | 2,06  | 8,85  | 83,78 | 7,37  | 1,20             | —    | 1,91  | —    | —    | Lagorio     |
| 11 | Obsidian  | Filo de los Corralas, Guamaní                        | 57,64  | 12,10 | 30,26  | 6,83  | 0,75  | 38,40 | 56,93 | 4,67  | 3,13             | 1,74 | 2,33  | 1,98 | —    | Tietze      |
| 12 | Sphaerolithischer<br>Pechstein                                  | Oyacachi, Ostseite Guamaní                           | 60,56  | 5,94  | 33,50  | 7,33  | 0,48  | 35,54 | 61,30 | 3,16  | 2,69             | 0,33 | 0,58  | 2,06 | —    | G. von Rath |
| 13 | Sphaerolith-<br>obsidian  | Cerro del Quinche, Guamaní                           | 67,80  | 7,34  | 24,86  | 8,17  | 0,61  | 35,38 | 60,96 | 3,66  | 3,00             | 1,05 | 1,80  | 0,82 | —    | Lagorio     |



## Ecuador IV. Ostkordillere: Cayambe, Mojanda, Imbabura.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 64,61 | 53,47 | 64,08 | 59,95 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | Sp.   | 0,30  | —     | 0,17  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | Sp.   | —     | —     | 0,38  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 16,52 | 18,39 | 14,28 | 17,56 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 2,13  | 4,30  | 4,34  | 4,73  |
| FeO . . .                            | 2,58  | 5,55  | 3,04  | 2,02  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 2,10  | 5,35  | 2,20  | 3,28  |
| CaO . . .                            | 4,60  | 7,57  | 5,10  | 6,06  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,84  | 3,04  | 4,21  | 3,92  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,83  | 1,56  | 2,75  | 1,77  |
| Sonstige Bestandteile                | —     | —     | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,20  | 0,70  | 0,60  | 0,43  |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —     | —     | —     | —     |

## Literatur:

## Ecuador I.

- 1—6. Siemiradzki, N.J.f Min. BB. IV, 1886, S. 209.  
 7. F. Tannhäuser, Die jüngeren Gesteine der ecuatorianischen Ostkordillere von der Cordillere de Pillaro bis zum Sangay, sowie die des Azuay und eines Theils der Cuencamulde, in W. Reiß, Ecuador 1870—1874, Heft II, Berlin 1904.

8. H. Abich, Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulkanischen Bildungen, Braunschweig 1841, S. 52.

- 9—14. A. Klautzsch, Die Gesteine der ecuatorianischen Westkordillere von den Ambatobergen bis zum Azuay; W. Reiß und A. Stübel, Das Hochgebirge von Ecuador I, Berlin 1898, S. 291—294.

## Ecuador II.

- 1—5. F. Tannhäuser, siehe oben.

- 6—8, 11—13. A. Young, Die Gesteine der ecuatorianischen Ostkordillere, Der Cotopaxi und die umgebenden Vulkanberge, Paschocha, Ruminahui, Sincholagua und Quilindana, Berlin 1902, S. 273—275.

9. Mallet, Proc. Roy. Soc. XLII, 1887.

10. H. Abich, siehe oben.

## Ecuador III.

- 1—7, 10. E. Elich, Die vulkanischen Gesteine der Ostkordillere vom Pambamarca bis zum Antisana; W. Reiß, Ecuador 1870—1874, I, Berlin 1901, S. 81, 83, 90, 67—77.

- 7—9, 13. A. Lagorio, Ueber die Natur der Glasbasis, Tsch. Min. petr. Mitt. VIII, 1887, S. 443—444.

## Ecuador IV.

- 1—4. E. Esch, Die Gesteine der ecuatorianischen Ostkordillere, Die Berge des Ibarabeckens und der Cayambe, Berlin 1896, S. 56—59.

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 70,35 | 58,85 | 70,01 | 66,34 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | 0,24  | —     | 0,14  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | 0,18  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 10,58 | 11,91 | 9,18  | 11,43 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,87  | 1,82  | 1,77  | 1,97  |
| FeO . . .                            | 2,34  | 5,09  | 3,09  | 1,87  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 3,43  | 8,82  | 3,61  | 5,44  |
| CaO . . .                            | 5,36  | 8,93  | 5,97  | 7,18  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 5,10  | 3,24  | 4,45  | 4,20  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,97  | 1,10  | 1,92  | 1,25  |



| $\frac{1}{N}$ | Gestein                | Ort  | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|---------------|------------------------|--|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|------|------|------|------------|
| 1             | Amphibolandesit        | Zw. Machai de la Cruz und Yana-Corral, 4200 m, Nordseite des Cayambe | 71,60 | 13,24 | 15,16 | 7,07 | 3,51 | 22,30 | 57,77 | 19,93 | 1,97             | 3,43 | 2,12 | 2,67 | 1,74 | Esch       |
| 2             | Pyroxenandesit         | Ostufer des Caricocha, Caldera del Mojanda                           | 65,00 | 30,54 | 4,46  | 4,34 | 7,57 | 13,53 | 39,85 | 46,62 | 1,10             | 8,82 | 1,25 | 3,27 | 3,64 | Esch       |
| 3             | Amphiboldazit          | Ostseite Fuya-fuya, Caldera del Mojanda                              | 62,20 | 19,72 | 18,08 | 6,37 | 2,81 | 24,68 | 57,20 | 18,12 | 1,92             | 3,61 | 0,80 | 1,32 | 3,54 | Esch       |
| 4             | Amphibolpyroxenandesit | Crista del Gallo, SO-Fuß des Imbabura                                | 67,52 | 17,12 | 15,36 | 5,45 | 5,98 | 14,81 | 49,76 | 35,43 | 1,25             | 5,44 | 1,20 | —    | 3,84 | Esch       |



## Columbien I.

## A. Gewichtsprozent.

|  | 1     | 2      | 3     | 4     | 5     | 6      | 7      | 8      | 9      | 10                   | 11     | 12     | 13    | 14     |
|--|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 66,03 | 63,50  | 65,39 | 68,41 | 67,30 | 60,05  | 61,26  | 56,91  | 57,24  | 63,56                | 63,36  | 69,56  | 61,09 | 61,04  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —      | —     | —     | —     | 0,85   | —      | —      | —      | 0,95                 | —      | —      | 0,95  | 0,45   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,09  | —      | 0,11  | —     | 0,13  | 0,25   | —      | 0,25   | —      | 0,17                 | 0,13   | 0,13   | 0,22  | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 14,57 | 15,34  | 15,49 | 16,08 | 17,55 | 15,59  | 16,15  | 18,18  | 18,02  | 15,43                | 16,35  | 15,65  | 15,96 | 15,72  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,57  | 3,22   | 2,80  | 2,12  | 1,47  | 6,95   | 4,39   | 4,65   | 3,46   | 3,02                 | 2,12   | 1,24   | 4,29  | 5,03   |
| FeO . . . . .                            | 1,19  | 1,71   | 1,99  | 1,44  | 1,67  | 0,65   | 2,66   | 3,61   | 4,13   | 2,43                 | 3,05   | 0,91   | 2,03  | 2,15   |
| MnO . . . . .                            | —     | —      | —     | —     | —     | —      | —      | —      | —      | —                    | —      | —      | —     | —      |
| MgO . . . . .                            | 1,89  | 2,50   | 2,06  | 1,14  | 1,04  | 3,61   | 2,91   | 3,49   | 3,77   | 2,55                 | 3,28   | 0,82   | 1,06  | 3,61   |
| CaO . . . . .                            | 3,88  | 4,31   | 4,48  | 3,52  | 3,48  | 6,43   | 5,75   | 7,11   | 7,78   | 4,33                 | 4,79   | 2,52   | 6,66  | 5,34   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | —     | —      | —     | 4,52  | 3,90  | 3,83   | 4,93   | 4,02   | —      | 4,02                 | 3,58   | 4,09   | 2,89  | 4,02   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,70  | 1,99   | 1,59  | 2,24  | 2,13  | 1,76   | 2,65   | 1,61   | 5,54   | 2,41                 | 2,92   | 2,19   | 2,51  | 2,66   |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —     | —      | —     | —     | —     | —      | —      | —      | —      | SO <sub>3</sub> 0,05 | —      | —      | —     | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 2,07  | 4,84   | 0,55  | 0,33  | 0,80  | 0,47   | 0,15   | 0,36   | 0,06   | 1,09                 | 0,99   | 2,92   | 1,44  | 0,58   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —     | —      | —     | —     | —     | —      | —      | —      | —      | —                    | —      | —      | —     | —      |
| Sa . . . . .                             | 98,20 | 100,16 | 99,02 | 99,80 | 99,47 | 100,44 | 100,85 | 100,19 | 100,00 | 100,01               | 100,57 | 100,03 | 99,10 | 100,60 |
| Spez. Gewicht . . . . .                  | —     | —      | 2,61  | —     | —     | 2,728  | —      | —      | —      | —                    | —      | 2,45   | 2,655 | —      |

## B. Molekularprozent.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 74,73 | 72,61 | 72,20 | 75,06 | 74,74 | 66,55 | 66,88 | 63,07 | 62,62 | 70,26 | 69,06 | 77,87 | 69,66 | 67,06 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | 0,70  | —     | —     | —     | 0,79  | —     | —     | 0,82  | 0,37  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,04  | —     | 0,05  | —     | 0,06  | 0,12  | —     | 0,12  | —     | 0,08  | 0,06  | —     | 0,10  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 9,70  | 10,32 | 10,06 | 10,37 | 11,47 | 10,16 | 10,37 | 11,85 | 11,60 | 10,04 | 10,48 | 10,30 | 10,69 | 10,16 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,09  | 1,38  | 1,16  | 0,87  | 0,61  | 2,89  | 1,79  | 1,93  | 1,42  | 1,25  | 0,86  | 0,51  | 1,83  | 2,07  |
| FeO . . . . .                            | 1,12  | 1,62  | 1,83  | 1,32  | 1,55  | 0,60  | 2,42  | 3,33  | 3,77  | 2,23  | 2,78  | 0,84  | 1,93  | 1,97  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 3,21  | 4,29  | 3,41  | 1,87  | 1,73  | 6,00  | 4,76  | 5,80  | 6,18  | 4,22  | 5,36  | 1,37  | 1,81  | 5,95  |
| CaO . . . . .                            | 4,10  | 5,28  | 5,30  | 4,14  | 4,14  | 7,63  | 6,73  | 8,45  | 9,12  | 5,13  | 5,59  | 3,02  | 8,14  | 6,29  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,06  | 3,05  | 4,87  | 4,80  | 4,19  | 4,11  | 5,20  | 4,31  | 4,19  | 4,30  | 3,77  | 4,43  | 3,19  | 4,27  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,95  | 1,45  | 1,12  | 1,57  | 1,51  | 1,24  | 1,85  | 1,14  | 1,10  | 1,70  | 2,04  | 1,60  | 1,83  | 1,86  |



| Nr. | Gestein             | Ort  | Lage-<br>rung           | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mte  | An-<br>alytiker |
|-----|---------------------|--|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------|------|-----------------|
| 1   | Dazit               | Hondon, Vulkan Chiles                                | Block                   | 62,84 | 9,48  | 27,68 | 6,01 | 3,69 | 24,81 | 51,65 | 23,54 | 1,95             | 3,21 | 0,41  | 0,03 | 2,18 | R. Kuch         |
| 2   | Dazit               | Vulkan Chiles,<br>Ostseite 4353 m                    | Block                   | 57,66 | 11,82 | 30,52 | 4,50 | 5,28 | 20,31 | 42,72 | 36,97 | 1,45             | 4,29 | -0,54 | 0,24 | 2,76 | "               |
| 3   | Dazit               | Vulkan Cumbal, Loma,<br>NO-Seite 4200 m              |                         | 64,20 | 12,94 | 22,86 | 5,99 | 4,07 | 13,90 | 60,70 | 25,40 | 1,12             | 3,41 | 1,23  | 0,67 | 2,32 | "               |
| 4   | Dazit               | Páramo Azufra de<br>Tuquerres                        |                         | 66,96 | 6,66  | 26,38 | 6,37 | 4,00 | 18,76 | 57,35 | 23,89 | 1,57             | 1,87 | 0,14  | 0,45 | 1,74 | "               |
| 5   | Dazit               | Páramo Azufra de Tuquer-<br>res, Quebrada del Molino | Block                   | 63,79 | 6,56  | 29,65 | 5,70 | 4,14 | 19,46 | 53,91 | 26,63 | 1,51             | 1,73 | -1,63 | 0,94 | 1,22 | "               |
| 6   | Andesit             | Páramo Azufra de<br>Tuquerres                        | Block                   | 62,04 | 21,13 | 16,83 | 5,35 | 4,81 | 16,00 | 53,02 | 30,98 | 1,24             | 6,00 | 2,82  | —    | 3,49 | "               |
| 7   | Pyroxen-<br>andesit | Vulkan Pasto   | Lava<br>v. 1866         | 69,68 | 21,18 | 9,14  | 7,05 | 3,32 | 21,36 | 60,05 | 18,59 | 1,85             | 4,76 | 3,41  | 0,63 | 3,58 | "               |
| 8   | Pyroxen-<br>andesit | Purgatorio, Vulkan Pasto                             |                         | 69,20 | 22,36 | 8,44  | 5,45 | 6,40 | 13,18 | 49,83 | 36,99 | 1,14             | 5,80 | 2,05  | 1,40 | 3,86 | "               |
| 9   | Pyroxen-<br>andesit | Vulkan Pasto Llanos de<br>las Mesas                  | Zen-<br>traler<br>Kegel | 67,56 | 25,52 | 6,92  | 5,29 | 6,31 | 13,01 | 49,59 | 37,40 | 1,10             | 6,18 | 2,81  | 2,35 | 2,84 | "               |
| 10  | Dazit               | Tajumbina, Quebrada<br>Chuchala chiquita             |                         | 64,16 | 15,08 | 20,76 | 6,00 | 4,04 | 21,20 | 53,62 | 25,18 | 1,70             | 4,22 | 1,09  | 0,98 | 2,50 | Fernandez       |
| 11  | Dazit               | Cerro Negro de Mayasquer<br>Quebrada de la Chorrera  | Block                   | 65,16 | 18,12 | 16,72 | 5,81 | 4,67 | 25,03 | 46,26 | 28,71 | 2,04             | 5,36 | 0,92  | 1,92 | 1,72 | Fischer         |
| 12  | Dazit-<br>perlit    | Guaitarahang, Loma<br>de Ales                        |                         | 61,57 | 4,42  | 34,01 | 6,03 | 3,02 | 21,22 | 58,75 | 20,03 | 1,60             | 1,37 | -1,25 | 0,33 | 1,02 | R. Kuch         |
| 13  | Andesit             | Santissima virgen de<br>Yanancal, Loma de Ales       |                         | 62,84 | 12,42 | 24,74 | 5,02 | 5,67 | 23,28 | 40,59 | 36,13 | 1,83             | 1,81 | 2,47  | 0,10 | 3,68 | Bragard         |
| 14  | Andesit             | Peñon de Pitayo,<br>Westabhang                       |                         | 65,16 | 20,46 | 14,38 | 6,13 | 4,02 | 22,85 | 52,46 | 24,69 | 1,80             | 5,95 | 2,27  | —    | 3,04 | Schröder        |

Literatur: 1—15. R. Kuch, Die vulkanischen Gesteine der Republik Columbia in W. Reiß und A. Stübel: Geologische Studien in der Republik Columbia. Berlin 1892. S. 40, 105, 125, 139, 141, 145, 147, 155, 159, 172, 179, 183, 186.



## Columbien II.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1     | 2                | 3      | 4                | 5      |
|--------------------------------|-------|------------------|--------|------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 75,87 | 56,32            | 66,04  | 57,92            | 69,90  |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | 0,72             | 1,08   | 0,67             | 0,83   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | 0,47             | 0,26   | 0,39             | Sp.    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14,35 | 17,30            | 16,13  | 16,04            | 14,16  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,22  | 3,88             | 2,81   | 5,81             | 2,98   |
| FeO                            | —     | 4,32             | 0,99   | 3,13             | 1,08   |
| MnO                            | —     | 0,13             | Sp.    | —                | —      |
| MgO                            | 0,29  | 2,61             | 0,48   | 2,19             | 1,38   |
| CaO                            | —     | 4,78             | 0,61   | 4,42             | 4,30   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,96  | 2,91             | 3,89   | 3,28             | 3,20   |
| K <sub>2</sub> O               | 4,65  | 4,37             | 6,74   | 4,15             | 1,95   |
| SO <sub>3</sub>                | 0,23  | FeS              | FeS    | Sp.              | —      |
| Sonstige Bestandteile          | —     | ZrO <sub>2</sub> | —      | BaO              | —      |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,33  | 1,49             | 0,92   | ZrO <sub>2</sub> | 1,08   |
| H <sub>2</sub> O —             | —     | —                | —      | —                | —      |
| Sa.                            | 99,90 | 99,35            | 100,02 | 100,08           | 100,86 |
| Spez. Gew.                     | —     | 2,740            | 2,634  | 2,740            | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 82,79 | 64,70 | 75,25 | 66,85 | 75,01 |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | 0,62  | 0,92  | 0,58  | 0,65  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | 0,23  | 0,11  | 0,19  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 9,23  | 11,69 | 10,83 | 10,89 | 10,23 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,06  | 1,67  | 1,19  | 2,52  | 1,23  |
| FeO                            | —     | 4,14  | 0,94  | 3,01  | 0,97  |
| MnO                            | —     | 0,12  | —     | —     | —     |
| MgO                            | 0,46  | 4,50  | 0,83  | 3,78  | 2,20  |
| CaO                            | —     | 5,89  | 0,74  | 5,46  | 4,98  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,19  | 3,24  | 4,29  | 3,66  | 3,37  |
| K <sub>2</sub> O               | 3,27  | 3,20  | 4,90  | 3,06  | 1,86  |



| N | Gestein        | Ort                              | Lagerung                                     | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sup>2</sup> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker      |
|---|----------------|----------------------------------|--|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|------|------|------|-----------------|
| 1 | Obsidian       | Cali, Cauca                      |  | 61,45 | 0,98  | 37,57 | 7,46 | —    | 43,83 | 56,17 | —     | 3,27             | 0,46 | —    | —    | 0,06 | J. E. Withfield |
| 2 | Quarzmonzonit  | Media Luna, SSW,<br>Coyaima      | postereta-<br>zäisch,<br>älter als<br>Honda- | 72,52 | 18,80 | 8,68  | 6,44 | 5,25 | 35,28 | 35,72 | 29,00 | 3,20             | 4,50 | 0,64 | 2,59 | 3,34 | A. Lindner      |
| 3 | Quarzenitaplit | W. Coyaima                       |  | 77,38 | 3,79  | 18,83 | 9,19 | 0,74 | 44,87 | 51,26 | 3,87  | 4,90             | 0,83 | —    | 0,90 | —    | A. Lindner      |
| 4 | Latit          | SO, Cerro Crude, SSW,<br>Coyaima | schichten                                    | 70,44 | 16,16 | 13,40 | 6,72 | 4,17 | 41,54 | 34,73 | 23,73 | 3,06             | 3,78 | 1,29 | 0,49 | 5,04 | A. Lindner      |
| 5 | Quarztiorit    | Cerro Colorado, Aruba<br>Inseln  |  | 58,28 | 6,60  | 35,12 | 4,73 | 4,98 | 18,84 | 46,67 | 34,49 | 1,36             | 2,20 | —    | 0,52 | —    | Penstein        |

Literatur: 1. G. P. Merrill, Proc. U.S. Nat.-Mus. XL. 1911, S. 484.

2-4. E. Lehmann, Tschernaks Mitt. N.F. 30, 1911, S. 249, 261, 269.

5. J. H. Kloos, Samml. Geol. Reichsmus. Leiden I, 1887, S. 19.



## Literatur.

Bei dem außerordentlichen Umfang der Literatur ist es nicht möglich, eine erschöpfende Literaturzusammenstellung zu geben. Im folgenden sind die wichtigeren Quellenangaben und Arbeiten, die genauere Literaturzusammenstellungen bringen, aufgezählt.

### 1. Allgemein.

J. Brüggén. *Bibliografía Minera i Jeologica de Chile*. Publicat. d. Servicio jeologico. Santiago de Chile 1919.

E. Sparr. *Bibliografía de la Geología, Mineralogía y Paleontología de la Republica Argentina hasta el año 1899; 1900—1914, 1915—1921*. Academia Nac. de Cien. Misc. Cordoba 1920, 1921, 1922.

Karl Sapper. *Vulkankunde*. Stuttgart 1927, bei J. Engelhorn.

A. Stübel. Über die Verbreitung der hauptsächlichsten Eruptionszentren und der sie kennzeichnenden Vulkanberge in Südamerika. *Peterm. Mitt.* 48, 1902, S. 1—9.

Helge G. Backlund. *Magmatic Activity and Mountain Folding in the Andes of South Mendoza*. *Geol. Mag.* LXIII, Nr. 747, 1926, S. 410—422.

C. R. Burri. Chemismus und provinzielle Verhältnisse der jungeruptiven Gesteine des pazifischen Ozeans und seiner Umrandung. Inaug.-Dissert. Zürich 1926.

C. Burri. Kritische Zusammenfassung unserer Kenntnisse über die Differenzierungstypen postmesozoischer Vulkangebiete. *Schweizer Min. Petrogr. Mitt.* VII, 2, Zürich 1927, S. 254—310.

Paul Groeber. *Ensayo sobre Tectonica Teoria y Provincias Magmaticas*. Bol. Acad. Nac. de Cienc. en Cordoba XXX, Buenos Aires 1927, S. 177—229.

Paul Groeber. *Origen de los Valles transversales de la Cordillera Patagonica*. *Anales Soc. Argentina de Est. Geograficos „Gaa“* II, Nr. 3, Buenos Aires 1927, S. 438—450; enthält eine Übersichtstabelle der tertiären Ablagerungen und vulkanischen und tektonischen Ereignisse der Tertiärzeit.

A. Sieberg. Die Verbreitung der Erdbeben auf Grund neuerer makro- und mikroseismischer Beobachtungen und ihre Bedeutung für Fragen der Tektonik. Veröffentlich. der Hauptstation für Erdbebenforschung in Jena, Heft 1, Jena 1922, S. 1—96.

F. v. Wolff. Das Temperaturgesetz in der Erdkruste. *Jahrbuch des Halle'schen Verband. z. Erforschung mitteldeutscher Bodenschätze* VII, 1928, S. 5—20.

### 2. Antarktis.

G. Anderson. On the Geology of Grahamland. *Bull. Geol. Inst. Upsala* VII, Upsala 1906, S. 1—71, T. I—VI.

O. Bäckström. Petrographische Beschreibung einiger Basalte von Patagonien und den Südsandwich-Inseln. *Bull. of the Geol. Inst. of Upsala* Vol. XIII, Part 1.

J. Charcot. *Expedition Anarectique Française (1903—1905)*. Paris 1911.

A. Defant. Bericht über die Ergebnisse der Meteorexpedition. *Z. f. Geophysik* III, 1927, S. 340—350.

E. Gourdon. Notes sur les regions explorées dans l'Antarctique par deux missions Charcot. *C. R. VI. Congrès International Stockholm* 1910, S. 813.

E. Gourdon. Sur la constitution minéralogique de l'Isle Jenny, Anarectique. *C. R.* 159, 1914, S. 369—371.



E. Gourdon. Sur la constitution minéralogique des Shetlands du Sud. C. R. 158, 1914, S. 583—586, 1905—1907.

F. Heim. Geologische Beobachtungen über Süd-Georgien. Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1912, S. 451—456.

F. Kühn. Der sog. Südantillenbogen und seine Beziehungen. Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1920, S. 249—262.

O. Nordenskjöld. Die geologischen Beziehungen zwischen Südamerika und der angrenzenden Antarktika. C. R. XI. Congrès International Stockholm 1910, S. 759—765.

O. Nordenskjöld. Antarktis. Handbuch der regionalen Geologie VIII, 6, Heidelberg 1913; enthält eine ausführliche Literaturzusammenstellung.

### 3. Südlicher Abschnitt.

Brant. Der Vulkan. S. José.

Verh. d. D. W. Vereins Santiago IV, Santiago 1899.

G. Courty. Explorations géologiques dans l'Amérique du Sud suivi de Tableaux météorologiques. Paris 1907, 8°, 208 S. (Le Soudier).

Th. G. Halle. On the geological structure and history of the Falklandislands. Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. XI, 1912, S. 115—229.

R. Hauthal. Die Vulkangebiete in Chile und Argentinien. Peterm. Mitt. 49, 1903, S. 97—102, Karte IX.

R. Lütgens. Über den Ausbruch des Vulkans Villarica in Südhile. Zeitschr. f. Erdkunde 1909, S. 332—334.

C. Martin. Landeskunde von Chile. Hamburg 1923, 2. Aufl. (L. Friederichsen & Co.).

C. Martin. Los Vulcanes activos de Chile. Rev. chilena de Hist. nat. Valparaiso 5, 1901, S. 242—250.

C. Martin. Der Calbuco und andere Vulkane des südlichen Chiles. Mitt. Geog. Ges. f. Thüringen zu Jena 17, 1898, S. 1—23.

Nogues. Eruption du Volcan Calbuco. C.-R. Ac. Sci. Paris 118, S. 372.

P. Stange. Das Tenotal und der Pteroavulkan. Verh. d. D. W. Vereins Santiago III, 1896, S. 313—323.

F. M. Stapff. Der Ausbruch des Vulkans Calbuco. Gaa 30, S. 276—277.

H. Steffen. Briefl. Mitt. über den Vulkan Calbuco. Verh. Ges. f. Erdk. Berlin 21, S. 85—89.

H. Steffen. Die neuen vulkanischen Erscheinungen in Südhile. Peterm. Mitt. 53, 1907, S. 160—161.

H. Steffen. Westpatagonien. I.—II. Bd. Berlin 1919, D. Reimer.

H. Steffen. Nachrichten aus den Vulkangebieten der Kordilleren von Mittelchile. Zeitschr. f. Erdk. 1922, S. 273—277.

R. A. Philippi. Beschreibung des Vulkans Osorno. N. J. f. Min. 1852, S. 571.

A. Pissis. Geographia fisica de la Republica de Chile. Paris 1875, 2. Bd.

A. Plagemann. Der Berg Calbuco in vulkanischer Tätigkeit. Südamerik. Rundschau Hamburg 1893.

P. D. Quensel. Geologisch-petrographische Studien in der patagonischen Cordillera. Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. XI, 1912, S. 1—114.



A. Windhausen. Ein Blick auf Schichtenfolge und Gebirgsbau im südlichen Patagonien. *Geol. Rundsch.* 12, 1921, S. 109—137.

O. Wilckens. Die Meeresablagerungen der Kreide- und Tertiärformation in Patagonien. *N. J. f. Min. BB.* 21, 1905.

#### 4. Mittlerer Abschnitt.

H. Berger. Besteigung des Vulkans Ollagua. *Peterm. Mitt.* 37, S. 241—247.

A. Bertrand. Memoria sobre las Cordilleras de Desierto de Atacama. Santiago 1885.

G. Bodenbender. La Sierra de Cordoba. *Anal. del Minist. de Agricultura, Sec. Geol.* 1906, I, No. 2.

J. Bowman. The Andes of southern Peru. New York 1916.

J. Bowman. Desert Trails of Atacama. New York 1924.

L. Brackebusch. Die Kordillorenpässe zwischen der argentinischen Republik und Chile. *Zeitschr. f. Erdk., Berlin*, 27, 1892, S. 249—348, Karte V.

C. Burckhardt. Profils géologiques transversaux de la Cordillère Argentino-Chilienne. *Anales del Museo de La Plata, Sec. Geol. y Miner.* II, La Plata 1900, S. 1—135, Tafel I—XXXII.

C. Burckhardt. Coupe géologique de la Cordillère entre las Lajas et Curacautin. *Anales del Museo de La Plata, Sec. Geol. y. Miner.* III, La Plata 1900, S. 1—10, Tafel I—XXVI.

L. Darapsky. Zur Geographie der Puna de Atacama. *Z. G. f. Erdk., Berlin* 1899, 43, S. 281—311, Karte VIII—IX.

L. Darapsky. Das Departement Taltal (Chile). Berlin 1900 (D. Reimer), 16 Tafeln, 55 Abb., 14 Karten.

J. A. Douglas. Geological sections through the Andes of Peru and Bolivia:  
1. From the coast at Arica in the north of Chile to La Paz and the Bolivian „Yungas“.  
2. From the port of Mollendo to the Inambari River. 3. From the port of Callao to the river Perene. *Quatr. Journ. Geol. Soc.* 70, 1914, S. 1—49, Tafel I—X; 76, 1920, S. 1—58, Tafel I—VI; 77, 1921, S. 246—286, Tafel XV—XX.

H. Gerth. Die pampinen Sierren Zentralargentiniens. *Geol. Rundsch.* 6, 1913, S. 577—588.

H. Gerth. Geologische und morphologische Beobachtungen in den Kordilleren von Südperu. *Geol. Rundsch.* 6, 1915, S. 129—153.

H. Gerth. Neuere Fortschritte der geologischen Forschung in Argentinien. *Geol. Rundsch.* 6, 1915, S. 36—43.

H. Gerth. Die Bedeutung der geologischen Erforschung des Südrandes der Puna de Atacama für die Geschichte der Anden und die Gebirgsbildung im allgemeinen. *Geol. Rundsch.* 12, 1921, S. 320—340.

H. Gerth. Die Fortschritte der geologischen Forschung in Argentinien und einigen Nachbarstaaten während des Weltkrieges. *Geol. Rundsch.* 12, 1921, S. 74—87.

H. Gerth. Orogenese und Magma in der argentinischen Kordillere. *Steinmann-Festschrift, Geol. Rundsch.* 17 a, 1926, S. 62—98.

H. Gerth. Der Morro von San Luis (Argentinien), ein „Erhebungskrater“. *Leidsche Geol. Mededeelingen II, Aflevering* 4, V, 1928, S. 242—250.

H. E. Gregory. A Geologic Reconnaissance of Cusco Vally, Peru. *Am. Journ. Sciences* 41, 1916, S. 1.



G. Grzybowski. Tertiärablagerungen des nördlichen Perus und ihre Moluskenfauna. N. Jahrb. f. Min. 1899, BB. XII, S. 610—664.

R. Hauthal. Reisen in Peru und Bolivien. Wiss. Veröff. Ges. f. Erdk., Berlin, VII, 1911.

R. Helbing. Beiträge zur topographischen Erschließung der Cordilleres de los Andes zwischen Aconcagua und Tupungato. Jahrb. Akad. Alpenklub Zürich XVIII, 1918.

H. Hoek. Besteigung des Cerro Tacora. Österr. Alpenzeitschr. 1905, Nr. 679.

H. Keidel. Die neueren Ergebnisse der staatlichen geologischen Untersuchungen in Argentinien. C.-R. XI, Congrès Géologique International Stockholm 1910, S. 1127—1141.

F. Kühn. Beiträge zur Kenntnis der Argentinischen Kordillere zwischen 24° und 26° S.Br. (Calchaquital und Puna de Atacama). Z. G. f. Erdk., Berlin 1911, S. 147—172, Tafel I.

F. Kühn. Nachrichten über zwei Kordillerengipfel, Lanin, Mercedario. Zeitschrift D. W. Verein Buenos Aires 1918, S. 172—194.

W. Moericke. Geologisch-petrographische Studien in den chilenischen Anden. Sitzungsber. Berliner Akademie, phys.-math. Kl. XLIV, 1896, S. 1161—1171.

Harold S. Palmer. Notes on the Andes of northwestern Argentina. Am. Journ. Sciences 38, 1914, S. 309—330.

W. Penck. Der Südrand der Puna de Atacama. Abh. Sächs. Akad. d. Wiss., math.-phys. Kl. Nr. 1, Leipzig 1920, 420 S., 9 Tafeln, 1 Karte, 17 Textfiguren.

R. A. Philippi. Reise durch die Wüste Aatacama. Halle 1860, E. Anton.

Hugo Reck. Geogr. Skizzen über das Hochland von Bolivien. Peterm. Geogr. Mitt. 1886.

F. Reichert. Expedition und Hochtouren in der Puna von Atakama. Mitt. d. Deutsch-Österr. Alpenvereins, München-Wien 1904, 30, 255—256.

F. Reichert. Aus dem Hochgebirge der Wüste Atacama. Eine Besteigung des Cerro Socompa, 6080 m (argentinisch-chilenische Grenzkordillere). Zeitschr. d. Deutsch-Österr. Alpenvereins 37, 1906, S. 152—161, Karte I.

Francisco J. San Roman. Desierto y Cordilleras de Atakama. Santiago de Chile 1896.

H. Seckt. Vegetationsverhältnisse des nordwestlichen Teiles der argentinischen Republik. Peterm. Mitt. 60, 1914, S. 84, 265, 315.

R. Stappenbeck. La Precordillera de San Juan y Mendoza. Anales Min. Agric., Secc. Geol., Mineral. y Minería IV, No. 3, Buenos Ayres 1910, S. 1—187, T. I—XV, Karte, Profile.

R. Stappenbeck. Geologia de la Falda oriental de la Cordillera del Plata (Provincia de Mendoza). Anales Min. Agric. de la Nac., Secc. Geol., Mineral. y Minería, T. XII, Buenos Ayres 1917, S. 1—48, T. I—VII, Karte, Profile.

A. Stelzner. Beiträge zur Geologie und Paläontologie der argentinischen Republik. I. Geologischer Teil. Kassel, Berlin 1885.

Steinmann-Möricke. Tertiärbildungen des nördlichen Chile. N. Jahrb. f. Min. BB. X, 1896.

G. Steinmann. Gebirgsbildung und Massengesteine in der Kordillere Südamerikas. Geol. Rundsch. 1, 1910, S. 13—35.

G. Steinmann. Über die junge Hebung der Kordillere Südamerikas. Geol. Rundsch. 13, 1922, S. 1—8.



Lorenzo Sundt. Estudios jeolojigos i topographicos del desierto de Atacama. Publicadas bajo la vijilancia de la Soc. Nac. de mineria, Vol. 1, 212 S., Santiago 1909.

F. Tannhäuser. Petrographische Untersuchungen an jungvulkanischen Gesteinen aus der argentinischen Republik. N. Jahrb. f. Min. BB. XXII, 1906, S. 555—638.

M. Vogel. Reisebilder aus den Hochkordilleren der Provinz Talca, speziell aus der Zone des tätigen Vulkans. Verh. d. D. W. Vereins Santiago VI, 1913, S. 263—313.

F. v. Wolff. Beiträge zur Geologie und Petrographie Chiles. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. LI, 1899, S. 471—555.

#### 4. Nördlicher Abschnitt.

M. Belowsky. Die Gesteine der ecuatorianischen Westkordillere von Tulcan bis zu den Escalerasbergen. Berlin 1892.

W. Bergt. Der Vulkan Quilotoa und seine schiefrigen Laven. Veröffentl. des Städt. Museums für Völkerkunde zu Leipzig, Heft 13, Leipzig 1914.

O. Bürger. Columbien. Leipzig 1922 (Dietrich).

E. Elich. Die Gesteine der ecuatorischen Westkordillere vom Atacatzo bis zum Ilinitza. Berlin 1893.

E. Elich. Die vulkanischen Gebirge der Ostkordillere vom Pampa-Marca bis zum Antisana. In W. Reiß, Ecuador 1870—1874, Heft I. Berlin 1901 (A. Asher).

E. Esch. Die Gesteine der ecuatorianischen Ostkordillere. Die Berge des Ibarra Beckens und der Cayambe. Berlin 1896.

I. Friedländer. Über einige Vulkane Columbiens. Zeitschr. f. Vulk. X, 1927, S. 159—176 und S. 223—231.

E. Krüger, Breslau, zur Zeit Columbien. Eine Besteigung des Tolima. Zeitschrift f. Vulk. X, 1927, S. 155—158.

Meteorologisches Observatorium in Popayan. Beschreibung des Vulkans Puracé und Umgend. Zeitschr. f. Vulk. X, 1927, S. 173—176.

H. Meyer. In den Hochanden von Ecuador. Berlin 1907, Dietrich Reimer (E. Vohsen).

W. Reiß und A. Stübel. Reisen in Südamerika. Das Hochgebirge der Republik Ecuador. I. Petrographische Untersuchungen. 1. Westkordillere. Bearbeitet im Min.-petrogr. Institut der Universität Berlin. Berlin 1892—1898, A. Asher & Co. — 1892. M. Belowsky: I. Tulcan bis Escaleras-Berge. — 1892. R. Herz: II. Pulumagua bis Guagua-Pinchincha. — 1893. E. Elich: III. Atacatzo bis Ilinitza. — 1893. A. Klautzsch: IV. Rio Hatuncama bis Cordillera de Llangagua. — 1898. A. Klautzsch: V. Von den Ambatobergen bis zum Azuay.

W. Reiß. Ecuador 1870—1874. Berlin, A. Asher & Co. Petrographische Untersuchungen, ausgeführt im Min.-petrogr. Institut der Universität Berlin.

W. Reiß. Reisebriefe aus Südamerika 1868—1876. München, Leipzig 1922, Dunker & Humblot.

W. Reiß und A. Stübel. Reisen in Südamerika. Geologische Studien in der Republik Columbia. I. Petrographie. R. Kuch: Die vulkanischen Gesteine. Berlin 1892. — W. Bergt: Die älteren Massengesteine, kristallinen Schiefer und Sedimente.

W. Sievers. Reise in Peru und Ecuador, ausgeführt 1906. München 1914, Dunker & Humblot.

J. H. Sinclair und T. Wasson. Exploration in eastern Ecuador. The Geogr. Rev. XIII, 1923, S. 190—215, Karte I.



A. Stübel. Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897, A. Asher.

A. Stübel. Die Vulkanberge von Columbia. Dresden 1906.

F. Tannhäuser. Die jüngeren Gesteine der ecuatorianischen Ostkordillere von Cordillera de Pillaro bis zum Sangay, sowie die des Azuai und eines Teiles der Cuencamulde. In W. Reiß, Ecuador 1870—1874. Berlin 1904, A. Asher.

A. Young. Die Gesteine der ecuatorianischen Ostkordillere. Der Cotopaxi und die umgebenden Vulkanberge Pasochoa, Rumiñahui, Sincholagua und Quilindaña. Berlin 1902.

F. v. Wolff. Die älteren Gesteine der ecuatorianischen Ostkordillere, sowie die des Azuay und eines Teils der Cuencamulde. In W. Reiß, Ecuador 1870—1874, Heft II, Berlin 1904, A. Asher.

Th. Wolf. Über die geographischen Verhältnisse der Republik Ecuador und speziell der Hochanden. Verh. Ges. f. Erdk., Berlin, XVIII, 1891, S. 551—572.

Th. Wolf. Geografia y Geologia del Ecuador. Leipzig 1892.

---



## VI. Kapitel.

### Die Vulkane Zentralamerikas.

#### 1. Geologisch-tektonischer Überblick.

Neben den beiden geschlossenen Kontinentalmassen von Süd- und Nordamerika hat man Zentralamerika als das „dritte Amerika“ ausgeschieden. Es ist im Gegensatz zu jenen in seiner heutigen Gestalt weitgehend zerstückelt und eingebrochen. Während auf den beiden großen Kontinenten die tektonischen Leitlinien vorherrschend submeridional verlaufen, sind in ihm die Gebirge mehr O—W, entsprechend dem „karibischen Streichen“, gerichtet. Der zentralamerikanische Raum hat die Gestalt eines Parallelogramms, dessen längere pazifische und atlantische Kanten NW—SO gerichtet sind, während die kürzeren Kontinentalseiten O—W verlaufen (vgl. Tafel I, II und IV).

##### a) Permische Faltungen.

Am Ende des Paläozoikums, etwa zur Permzeit, war Zentralamerika noch eine zusammenhängende Kontinentalmasse. Die Zerstückelung beginnt in der oberen Trias. Das heutige Relief ist im wesentlichen das Ergebnis sehr jugendlicher Krustenbewegungen, die sich zwischen Pliozän und Pleistozän abspielten. Eine geschlossene, zum Teil recht schmale Landbrücke besteht heute nur auf der pazifischen Seite, während der atlantische Rand in ungezählte größere und kleinere Inseln aufgelöst ist. Den mittleren Raum nehmen Meeresbecken ein, die stellenweise bis zu Tiefen von 4000 bis 6000 m absinken und durch submarine Rücken unterteilt werden. Ein einfaches Becken ist der Golf von Mexiko. Die Yucatanhalbinsel und Westcuba schließen ihn bis auf den postpliozänen Einbruch der Yucatanstraße gegen Süden ab. Das karibische Meer ist nicht einfach gebaut. Seine nördliche Hälfte wird durch das untermeerische Plateau, welches sich von Honduras über die Rosalindebank gegen Jamaica erstreckt, nach Süden begrenzt. Ein submariner Rücken, die westliche Fortsetzung der Sierra Maestra auf Cuba, verläuft über Klein- und Groß-Cayman zur Misteriosabank und teilt dieses Teilbecken in zwei untermeerische Gräben, den Yucatan und Barlettgraben, die gegen den Golf von Honduras zu konvergieren. Unmittelbar südlich von Groß-Cayman liegt die größte Tiefe, die Barlettiefe, mit 6269 m. Die südliche Hälfte des karibischen Meeres ist wieder ein einfaches Becken.

Die erste Anlage der heutigen tektonischen Linien erfolgte durch die permische Faltung. Es ist das sicherlich nicht die erste Faltung überhaupt gewesen. Durch ältere Faltungen unbekannten Alters wurden die Gneise und



alten kristallinen Schiefer mit ihren Granitintrusionen geschaffen, die man als archaische Formationen zusammenzufassen pflegt. Sie ziehen sich von Niederkalifornien und Westmexiko durch die Staaten Sonora, Sinaloa, Jalisco, Michoacan, Guerrero und Oaxaca (Sierra Madre del Sur) in einem gegen SW konvexen Bogen der pazifischen Küste entlang. Ein weiterer alter Landriegel ist die Sierra Madre von Chiapas, die sich weiter in das Grenzgebirge Guatemala-Honduras fortsetzt. Diese Riegel sind zum Teil seit dem frühesten Paläozoikum nicht mehr vom Meer überspült worden.

Archaische Gneise erscheinen ferner im Untergrund von Honduras, Nicaragua, Costarica, Panama, auf den Inseln vor der Küste von Venezuela sowie in den Großen und Kleinen Antillen, entweder von jüngeren Formationen verhüllt oder in den Kernzonen der Faltungsgebirge oder endlich nur als Einschlüsse in jungen Eruptivgesteinen, heraufgeholt aus dem Untergrund. Wenig ist über das Paläozoikum bekannt. So manche Phyllite und versteinungsleere Tonschiefer mögen hierher gehören. Die Santa-Rosa-Schichten von Nordnicaragua, Guatemala und Chiapas rechnet man zum Devon oder Unterkarbon.

Durch die permische Faltung ist das alte Gebirge, und zwar das Paläozoikum mit Einschluß der oberkarbonen Fusulinenkalke in O—W bis ONO—WSW streichende Falten gelegt. Es lassen sich zwei Kulissen des permischen „karibischen Gebirges“ erkennen. Zur Nordkulisse gehört der über 1000 m hohe rautenförmige Horst der Coxcombberge in Britisch-Honduras, er besteht aus Granit, Quarzporphyr, Tonschiefern, Quarziten und Oberkarbon. Ein weiteres Stück desselben ist die Sierra Maestra in Cuba, deren erste Anlage in diese Zeit fällt, ferner die erste Anlage Nordhaitis.

Ein südlicher Zug ist auf der Nordflanke an die alte kristalline Sierra Madre von Chiapas angelegt. Hier sind die Santa-Rosa-Schichten und Fusulinenkalke gegen den alten Riegel gefaltet worden. Das Grenzgebirge von Honduras wird durch den Rio Montagua in zwei Kulissenzüge geteilt. Nördlich des Flusses heißt das Gebirge „Sierra de las Minas“ und „Sierra del Mico“; die „Sierra S. Gil“ ist eine vorgeschobene Kulisse.

In den metamorphen Kalken von Puerto Barrios entdeckte Powers karbonische Fossilien. Südlich des Montagua nimmt die „Sierra del Espiritu Santo“ und „Omoa“ den gleichen Verlauf.

Über Ruatan setzt sie sich nach Jamaika fort. Die erste Anlage dieser Insel sowie die von Südhaiti, Portorico und des Virginesplateau ist permisch.

Aber auch die erste Anlage der Küstenkordillere von Venezuela ist permisch. Es wurde im vorigen Kapitel gezeigt, daß die jungpaläozoische



Ostkordillere im Norden des südamerikanischen Kontinents in das karibische Streichen einschwenkt. Es ist hier der Ort, um über die Zusammenhänge zwischen Süd- und Zentralamerika einige Bemerkungen einzuschalten. Die südamerikanischen Anden zersplittern im Norden des Kontinentes. Die columbische Ostkordillere, die Kordillere de Merida, die Küstengebirge von Venezuela und Trinidad sind permisch angelegt, das Gebirge streicht in den Atlantischen Ozean aus, ein eindeutiger Beweis des Einschwenkens in den Bogen der Kleinen Antillen ist nicht zu erbringen. Der Grabenbruch des Rio Magdalena und der Kesselbruch des Maracaibosees trennt diese Kordillere von der columbischen Zentralkordillere und ihren nördlichen Fortsetzungen. Auch sie scheint mit der Sierra Nevada de Santa Marta abzubrechen. Ebenso endet die jüngere Westkordillere auf der Ostseite des Golf von Darien. Zusammenhänge mit Panama und Costarica bestehen offenbar nicht, denn zwischen beide schiebt sich die altkristalline Cordillere de Chocó ein.

Sehr viel weiter greifen die nordamerikanischen tektonischen Linien in den zentralamerikanischen Raum ein.

Permisch ist ebenfalls die NO streichende Appalachenfaltung. Die Organos Mts. auf Westcuba zeigen dieses Streichen und gehören offenbar diesem System an.

So sind die tektonischen Linien fast alle bereits im Perm angelegt worden und die jüngeren Faltungen folgen nur den alten Richtungen. Wo die jüngere Faltung die ältere unter einem Winkel trifft, muß es zum Bruch kommen.

Nach der permischen Faltung trat in der oberen Trias, wie Vaughan zeigte, zuerst eine Verbindung beider Ozeane ein. In Guatemala, Honduras und Nicaragua wurde die „Tecuicigalpaformation“ abgelagert. Marine Trias der Karnischen Stufe kennt man aus Nordmexico. In Chiapas, Guatemala legen sich die rhätischen und unterjurassischen „Todos-Santos-Schichten“, Puddingsteine, Sandsteine und Konglomerate diskordant über die permisch gefaltete Unterlage.

Jura ist hauptsächlich in Mexiko verbreitet, dürfte aber auch in Nicaragua zu finden sein, wie die Gerölle des Rio Grande beweisen.

Am Ende der Juraformation fand in Nordamerika die Faltung der Sierra Nevada und des Cascadengebirges statt mit der Intrusion der Granodiorite. Diese Gebirgsbildung wird als „Pazifik-Revolution“ bezeichnet. Sie hat in Zentralamerika keine erkennbaren Spuren hinterlassen, höchstens im Nordwesten von Mexiko.

Während der unteren Kreide geht die Versenkung weiter. In Nicaragua, Guatemala, Nicaragua und Honduras kommen die „Metapanschichten“ zur Ablagerung, weite Gebiete Zentralamerikas, Mexikos und der Antillen sind vom Meere bedeckt. Die Senkung hält während der oberen Kreide an.



Rudistenkalke werden abgelagert. Nicaragua scheint aber damals Land gewesen zu sein.

Im Osten setzt zu dieser Zeit der Vulkanismus ein. Die „Bluebeach-formation“ ist eine auf St. Croix, St. Thomas, Portorico und Haiti verbreitete vulkanische Tuff- und Breccienformation; den Tuffen sind Rudistenkalke eingelagert, ein Teil kann auch eozänen Alters sein. Diese Formation wird von kaliarmen Plagioklasgraniten durchbrochen, die weitgehende Metamorphosen erzeugt haben.

### b) Laramiefaltung.

#### Das mexikanische Gebirgssystem.

Ende Kreide, Anfang Eozän greift von Nordamerika aus eine energische Gebirgsbildung in den Raum Zentralamerikas über. Es sind das die Ausläufer der Rocky-Mts.-Faltung, die das mexikanische Gebirgssystem geschaffen haben. Die „Laramie-Revolution“, wie diese orogenetische Umwälzung auch genannt wird, hat sich wenigstens in zwei Phasen abgespielt. Die erste fand nach Ablagerung der Laramieformation, Ende Kreide, statt, die zweite nach Ablagerung der Fort Union-Beds (Paläozän).

An dem Aufbau des mexikanischen Gebirgssystems beteiligen sich alle Formationen, soweit sie vorhanden sind, bis einschließlich Obere Kreide. Marine Tertiärschichten fehlen dagegen. Wo Tertiär entwickelt ist, erscheint es in terrestrischer oder lakustrischer Fazies.

Man pflegt in Nordmexiko eine Sierra Madre Occidental, die im ganzen etwa NW—SO verläuft und in einem nach Süden konvexen Bogen mitten durch Mexiko sich hinzieht, und eine Sierra Madre Oriental zu unterscheiden. Diese auf der atlantischen Seite gelegene randliche Sierra betrachtet Aguilera als eine Fortsetzung des Rocky-Mts.-Stamms. Sie kommt von Norden anfänglich in NW—SW Richtung streichend, schwenkt vom 24. Breitengrad in die N—S Richtung ein, um zuletzt südlich von Jalapa sogar NW—SO zu verlaufen.

Eine ihrer östlichen Kulissen im Faltungsvorland ist die Sierra Tamaulipas. Die Tamasopokalke (Vraconien-Turon), die San-Juan- oder San-Felipe-Schichten (Untersenon), die Mendez- oder Popallagosmergel (Obersenon), die Chintepeserie (Untermiozän) sind gefaltet. Im Anschluß an die zweite Phase der Laramiefaltung drangen foyaitische Intrusionen auf, mit Kontaktmetamorphose der San-Felipe- und Mendez-Schichten. Diskordant darüber liegen unter- bis mittelmiozäne Tone und Sande mit *Lepidocyclina Mantelli* und nach einer abermaligen Diskordanz das ölführende Miozän der mexikanischen Golfregion, die Tuxpamstufe. Zahlreiche Basaltgänge durchbrechen die Schichten. In der Sierra Tantima und Odontepes erscheinen Plateaubasalte diluvialen Alters.



Die nachfolgende Tabelle zeigt die Zusammensetzung dieser Eruptivgesteine.

| S. 526 |                      | Sierra<br>Tamaulipas     | L      | M     | Q       | A     | C      | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO    | FeO  | Mt   | Eruptions-<br>folge |
|--------|----------------------|--------------------------|--------|-------|---------|-------|--------|------------------|-------|--------|------|------|---------------------|
| 8      | Basalt               | San José                 | 76,24  | 28,90 | - 5,14  | 5,05  | 8,96   | 1,45             | 7,54  | 2,65   | 1,26 | 6,00 | Alter:<br>Quartär   |
| 9      | Trachydolerit        | San Rafael               | 49,64  | 55,54 | - 5,18  | 3,80  | 4,81   | 0,84             | 10,41 | 8,43   | 6,17 | 5,52 |                     |
|        |                      | Las Comas,<br>Aldamageb. |        |       |         |       |        |                  |       |        |      |      |                     |
| 7      | Trachyt              | San José                 | 80,44  | 9,92  | 9,64    | 7,88  | 4,35   | 2,51             | 1,00  | 2,72   | 0,24 | 2,00 | Alter:<br>Eozän     |
| 4      | Tinguait             | San José                 | 117,92 | 10,44 | - 28,36 | 15,40 | - 0,66 | 3,76             | 0,74  | 1,30   | 0,57 | 1,26 |                     |
| 5      | Analzimtin-<br>guait | San José                 | 126,12 | 8,64  | - 34,76 | 14,83 | 1,87   | 3,32             | 0,83  | 1,55   | 0,69 | 2,50 |                     |
| 6      | Camptonit            | San José                 | 72,56  | 56,10 | - 28,66 | 6,67  | 4,80   | 2,09             | 8,74  | 13,89  | 3,30 | 4,24 |                     |
| 3      | Nephelinsyenit       | San José                 | 101,16 | 10,00 | - 11,16 | 11,68 | 1,93   | 3,93             | 0,83  | 1,87   | 1,54 | 1,52 |                     |
| 1      | Monzonit             | San José                 | 70,36  | 43,08 | - 13,44 | 5,38  | 6,83   | 1,68             | 8,51  | 7,41   | 2,87 | 5,50 |                     |
| 2      | Monzonit             | San José                 | 70,60  | 33,00 | - 3,60  | 4,88  | 7,89   | 1,04             | 8,66  | 5,31   | —    | 5,06 |                     |
|        |                      | Concepcion<br>del' Oro   |        |       |         |       |        |                  |       |        |      |      |                     |
| 13     | Syenit               | Aranzazu                 | 68,24  | 26,86 | 4,90    | 7,50  | 2,06   | 2,78             | 5,09  | 7,21   | 0,33 | 1,60 | Alter:<br>Eozän     |
| 12     | Diorit               | Aranzazu                 | 65,84  | 17,66 | 16,50   | 6,02  | 4,42   | 2,71             | 3,37  | 3,56   | 0,68 | 2,44 |                     |
| 10     | Quarzdiorit          | Carrizal,<br>Nueva Leon  | 76,44  | 11,54 | 12,02   | 6,79  | 5,53   | 2,24             | 1,81  | 1,52   | 1,35 | 2,18 |                     |
| 11     | Tonalit              | Aranzazu                 | 63,67  | 8,04  | 28,29   | 5,88  | 4,11   | 2,73             | 2,64  | - 0,19 | 0,37 | 2,02 |                     |

Das zum Teil abflußlose Gebiet zwischen beiden Sierrren wird wenig glücklich „Mesa Central“ oder „mexikanisches Zentralplateau“ genannt. Es ist aber kein Plateau- oder Tafelland, sondern gleichfalls ein dem mexikanischen Gebirgssystem angehöriges Hochland, das in mancher Beziehung der Puna ähnlich ist. Gefaltet sind nur die Schichten, die dazu fähig waren. Starre Kalke, wie die „Eskamelakalke“ der mittleren Kreide reagierten mit Bruch.

Die Mesa fällt nach Norden flach ab. Im Osten, Süden und Westen ist ihr Abfall steil und treppenförmig, die Schichten sind oft bergwärts geneigt. Gegen die Golfküstenebene wird das mexikanische Gebirgssystem durch eine Verwerfungsstufe abgegrenzt, die östlich von Monterey nach Ciudad Victoria in Tamaulipas in Richtung auf Misantla verläuft. Man kann das ganze Gebiet im Westen der Sierra Madre Oriental als südliche Fortsetzung der nordamerikanischen „Basin-Range-Region“ mit Fenneman ansehen, oder das Coloradoplateau und die mexikanische Mesa mit ihrem westlichen Rand mit Ransome als besondere Teileinheit des Laramiegebirgssystems noch von dem Basin-Range abtrennen, das ist Auffassungssache.

Richtunggebend wird das mexikanische Gebirgssystem durch die oben geschilderte archaische Zone Niederkaliforniens, Sonora-Guerrero beeinflusst. Sie diente dem Faltenwurf als Widerlager. Die Sierra Madre Oriental endet als Sporn auf dem Isthmus von Tehuantepec, wie die Untersuchungen Böses ergeben haben. Aus dem Isthmus lassen sich drei orographische Zonen unter-



scheiden. Die archaische, pazifische Küstenebene ist der stark eingebnete Ausläufer der Sierra Madre de Chiapas, die Sierra selber ist ein Ausläufer des mexikanischen Gebirges, die atlantische Küstenebene ein Teil des zentralamerikanischen Bogens. Nordmexiko bis zum Isthmus gehört tektonisch zu Nordamerika.

### Der Vulkanismus innerhalb des mexikanischen Gebirgssystems.

Das mexikanische Gebirgssystem ist in der Folgezeit durch Verwerfungen betroffen worden. Ganz besonders aber hat der Erguß gewaltiger Massen von Eruptivgesteinen das ursprüngliche Relief bis zur Unkenntlichkeit verhüllt. Täler wurden ausgefüllt und damit der Charakter des heutigen Hochlands erzeugt. Der Erguß begann bald nach der Faltung im Eozän und hat mit abnehmender Intensität, unterbrochen durch sekundäre Maxima der vulkanischen Tätigkeit, durch das ganze Tertiär bis in die Gegenwart angedauert.

Das Verbreitungsgebiet der Effusivmassen zeigt nach Aguilera mit seiner vorherrschenden nordwestlichen Erstreckung eine unverkennbare Abhängigkeit von der Tektonik des Untergrundes.

Von der politischen Grenze Mexikos gegen die Vereinigten Staaten folgt die Effusivzone in einem unregelmäßig breiten Streifen der pazifischen Küste, um sich in Chiapas mit den zentralamerikanischen Ergüssen zu vereinigen. Am mächtigsten sind die Ergüsse in Westmexiko, in Ostmexiko erscheinen die Decken sporadisch und in weniger zahlreichen isolierten Vorkommen.

Zuerst kam es zum Erguß der Andesite. Sie sind über die ganze Zone verbreitet und vorherrschend das Produkt von Zentraleruptionen. Es folgen Rhyolithe, als Ergebnis von Lineareruptionen. Auf der Mesa füllen die Rhyolithe Essen aus mit fein verstäubter Asche, die verhärtet und dann zu stockförmigen Massen herauswittern und „Bufa“ genannt werden. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt im Norden in Sonora, San Luis Potosi, Zacatecas und Durango, etwa unter dem Wendekreis. Südlich von  $19^{\circ} 30'$  N. Br. verschwinden sie fast vollkommen. Zuletzt kommen Basalte, sie sind über die ganze Zone verbreitet, besonders zwischen dem 18. und 22. Parallelkreis bedecken sie das ganze Land. Nördlich und südlich von diesem Gürtel ist ihr Vorkommen nur isoliert. Die Sukzessionsfolge Andesit, Rhyolith und Basalt ist eine Regel, die nicht ohne lokale Ausnahmen bleibt. So können Basalte vor den Andesiten oder Rhyolithe vor den Andesiten erscheinen.

Die jungen Vulkane sind über die ganze Effusivzone verstreut. Sie konzentrieren sich auf einer Zone zwischen dem 18. und 22. Parallelkreis, die etwa NW—SO quer durch Mexiko verläuft, also auf weite Strecken im Süden konform dem Gebirge, doch decken sich Gebirgsbogen und Vulkan-



bogen nicht völlig. Ihr Krümmungsradius ist verschieden groß, so überschneiden sich beide in Jalisco. Der mexikanische Vulkanbogen beginnt in Nieder-Kalifornien und hat sein Krümmungsmaximum zwischen  $21^{\circ}$  und  $21^{\circ} 30'$  N. Br. Auf dem Festland sitzen die Vulkane teils auf der Sierra Madre Occidental, teils mit besonderer Vorliebe auf ihrer Flanke gegen die Mesa auf. In der Gegend von Veracruz erreicht der Gürtel den Atlantischen Ozean. Die mexikanischen Vulkane sind zumeist recht weit vom Meere entfernt und entsprechen mehr dem Typus kontinentaler Binnenvulkane. Von einer großen Transversalspalte kann aber nicht die Rede sein. Außerhalb dieser Häufungszone sind noch Vulkane regellos verstreut. Auf der Mesa bevorzugen sie die höchsten Stellen und erscheinen gern gruppenförmig, die tieferen Teile bleiben vulkanfrei. Die Sierra Madre Oriental besitzt nur wenig Vulkane. Die nordöstliche Ecke der Hochebene ist völlig frei von ihnen. Wenn auch in der Verteilung der Vulkane eine rohe Abhängigkeit von den tektonischen Linien besteht, so sind sie doch an bestimmte Dislokationslinien nicht streng gebunden. Der Vulkanbogen bleibt ein fremdes aufgesetztes Strukturelement, er ist die Einengungszone des viel breiteren Effusivgürtels. Mit den Effusivgesteinen sind wiederum die zahlreichen Erzadern innig verknüpft, die den Boden Mexikos so wertvoll machen. Diese Erzadern treten aber nur in Gefolgschaft der Andesite und Rhyolithe und nie in der der Basalte auf.

### c) Die tertiären Faltungen.

Mit dem Isthmus von Tehuantepec beginnt die für Zentralamerika charakteristische tektonische Ordnung, dessen Entwicklungsgeschichte erst während des Tertiärs ausschlaggebend einsetzt. Die letzten Auswirkungen der mexikanischen Faltung reichen bis Chiapas, hier finden sie an den permischen Querfalten ihr Ende. Die obere Kreide von Chiapas bricht Anfang Tertiär längs einer NW streichenden Linie Chiapas-Pichucalco ab, ebenso ihr Nordrand. Diese Abbrüche bildeten eine Steilküste des eozänen Meeres.

### Der Panamakanal.

Für die chronologische Einordnung der tektonischen und vulkanischen Ereignisse ist eine genaue stratigraphische Gliederung und Parallelisierung der tertiären Ablagerungen eine unerläßliche Vorbedingung.

Durch den Bau des Panamakanals ist ein vorzüglicher Aufschluß geschaffen worden. Die geologischen Aufnahmen der amerikanischen Kanal-kommission unter Leitung von Mac Donald und die stratigraphische Bearbeitung des gewonnenen Materials durch Vaughan schufen die notwendigen Grundlagen. Abb. 26 gibt ein Profil durch die Kanalzone nach Mac Donald. Es beteiligen sich von unten nach oben folgende Formationen:



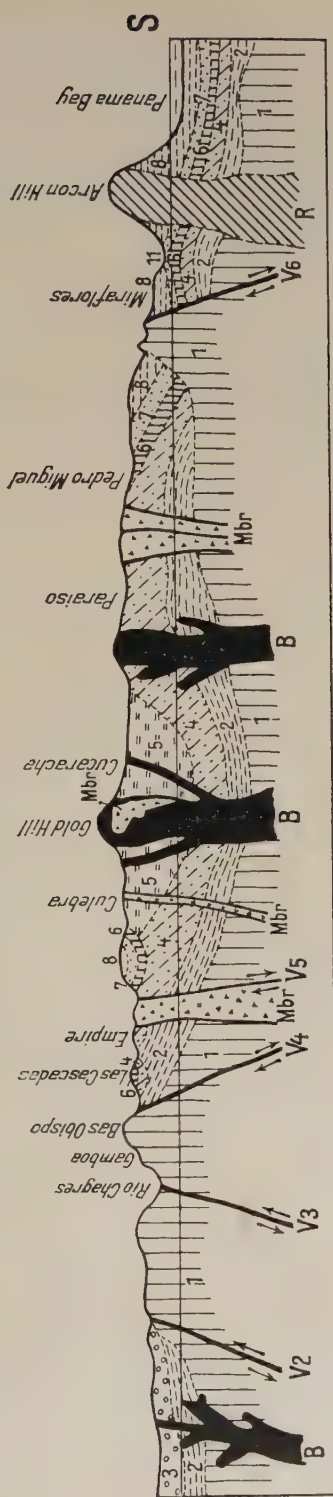
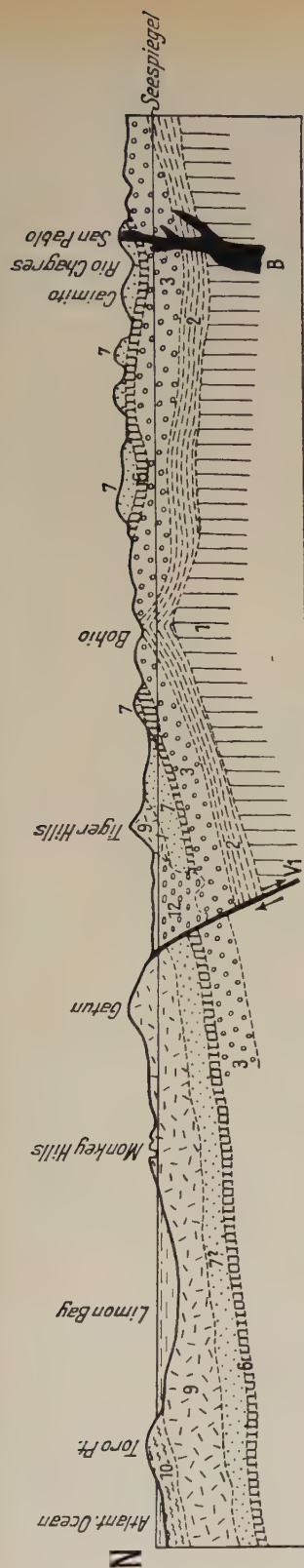


Abb. 26. Profil durch den Panamakanal nach Mc. Donald.

Vor Oligozän: 1. Bas Obispoformation; 2. Las Cascadasformation. — Oligozän: 3. Bohioformation; 4. Culebraformation; 5. Cuerrachaformation; 6. Emperadorkalke (Aquitainen); 7. Caimitoformation. — Miozän: 8. Panamafornation; 9. Gatunformation (Burdigalien und Helvetien). — Pliozän: 10. Torokalksteine. — Pleistozän: 11–12. Pleistozäne Schotter.

B = Basalte; R = Rhyolith vom Ancon Hill; Mbr = Metabreccien (Mc. Donald).



## Früheozän oder Vortertiär.

## 1. Bas Obispoformation.

Älteste andesitische Breccien und Aschen auf der pazifischen Seite, vielleicht äquivalent der Bluebachformation der Antillen; das Material wurde aus zahlreichen Inselvulkanen in ein seichtes Meer gefördert und nachträglich verkittet und verhärtet.

## 2. Las Cascadasformation.

Nach einer längeren Ruhepause setzte eine kurze zweite Eruptionsperiode ein und förderte aus Zentralschloten grünliche, graue, basische Agglomerate und Tuffe. Sie sind weniger verhärtet und frischer. Eingelagert sind andesitische Breccien und graue, dunkle und grobkörnige, andesitische Laven von säulenförmiger Absonderung. Jüngere miozäne Basaltgänge durchsetzen die Formation.

## Oligozän.

## 3. Bohioformation.

Ende Eozän wird das Land gehoben, die Erosionstätigkeit der Flüsse neu belebt. Es kommt zur Bildung der unteroligozänen Bohiokonglomerate. Geschiebe von Dioriten, Andesiten und anderen Eruptivgesteinen vermischt mit Lagen von Sandsteinen und Tonen. In den grauen Mergeln der höheren Horizonte fanden sich Foraminiferen. Diese Formation erreicht etwa 300 m Mächtigkeit und ist an der Gamboabrücke vorzüglich aufgeschlossen. In der älteren Literatur geht dieser Horizont unter dem Namen „Roche de Gamboa“ = Lattorfien.

## 4. Culebraformation,

mittel- bis oberoligozän (= Rupelien und Chattien) (= Lattorfien), 200 m mächtig. Sie ist die fossilreichste des Isthmus. Dunkle, weiche Schiefer, Mergel und kohlige Tone mit kiesigen und sandigen, auch tuffartigen Einlagerungen werden von sandigen Kalken und Sandsteinen überlagert. In einzelnen Abschnitten treten bituminöse Schiefer mit Naturgasen auf. Die petroleumführenden Schichten von Darien gehören diesem Horizont an.

## 5. Cucurachaformation,

eine 120 m mächtige terrestrische Ablagerung aus dunkelgrünen, andesitischen Verwitterungstonen mit roten eisenschüssigen Lagen und Linsen legt sich über die marine Culebraformation. Vier Braunkohlenflötze von 0,3 bis 1,5 m Mächtigkeit sind eingeschaltet. Zu beiden Seiten des Gold- und Contraktor Hill erscheinen bis 6 m mächtige, graue, intrusive Andesitlaven.



## 6. Emperadorkalke (= Aquitanien).

Im oberen Oligozän hält die Senkung an. Es kommt zur Ablagerung heller fester Kalksteine mit Korallen, Pelezypoden. Die Oberfläche bot das Bild eines seichten Korallenarchipels.

## 7. Caimitoformation.

Ende Oligozän trat eine Hebung ein. Über die Emperadorkalke legen sich hellgraue Mergelschiefer, darüber Konglomerate von Kalksteinen und Eruptivgesteinen, es folgen gelbliche oder dunkeltonige Sandsteine von 120 m Mächtigkeit.

## Miozän.

## 8. Panamaformation.

Die Caimitoformation wird auf der Panamaseite von 130 m mächtigen, wohlgeschichteten Tuffen rhyolithischen Materials überlagert, das von den Inseln des Golfs stammt. Es sind das also Ablagerungen des pazifischen Ozeans, unter- bis mittelmiozänen Alters.

## 9. Gatunformation (= Burdigalien und Helvetien).

Die Gatunformation kommt zu gleicher Zeit auf der atlantischen Seite zur Ablagerung in Gestalt von seichten Küstensedimenten. Die Serie beginnt mit tonigen Gesteinen, mit zahlreichen Fossilien und Holzeinschwemmungen 150 m mächtig, es folgen weiche fossilarme Sandsteine, 30 m, und endlich helle, harte Tone und Erden, 8—10 m. Dieser Horizont wird auch als Monkey-Hills-Formation bezeichnet.

Im oberen Miozän verlandet der Isthmus vollkommen. Während des Miozäns drangen zahlreiche Eruptivgesteine hoch. Es sind das Andesite, Rhyolithe, Breccien (MacDonalds Metabreccien) und zuletzt Basalte. Die Effusion dieser Magmen vollzog sich sehr viel ruhiger als die der älteren Obispolaven, Lockerprodukte treten zurück. Die Magmen waren gasärmer. Ende Pliozän trat Ruhe ein.

## Pliozän.

10. Eine Senkung der atlantischen Küste lagerte den Torokalkstein ab (Karibische Formation = Gabbs Stufe der „Antillite“). Er enthält pliozäne Fossilien. Auf den Hügeln zwischen Toro-Point und der Mündung des Chagresflusses liegen die Chagressandsteine, darüber grobe und feine Sandsteine mit Kreuzstruktur, Ablagerungen auf dem festen Lande von über 300 m Mächtigkeit. Sie sind unter 5—20° gegen den Ozean geneigt.



## Pleistozän.

Bis zum mittleren Pleistozän hält eine energische Hebung an. Sie hob das Land 120 m über den heutigen Meeresspiegel. Bei der Fundamentierung des Gatundammes stieß man in — 120 m auf Schotter des altpleistozänen Chagresflusses. Dieser Fluß nahm anfänglich seinen Lauf in den pazifischen Ozean, bis ihm die miozänen Andesite den Weg verlegten und ihn zum Atlantischen Ozean zu fließen zwangen.

Nach dem mittleren Pleistozän begann das Land wieder gegen den Atlantischen Ozean abzusinken. Mit diesem Abbruch hängen die zahlreichen Verwerfungen der Kanalzone zusammen. Die Senkung hat aber ihren Höhepunkt bereits überschritten, denn in den letzten tausend Jahren hat sich die pazifische Küste um 7—8 m, die atlantische Küste um 2—3 m wieder gehoben.

An der Basis der Bohiokonglomerate besteht eine deutliche Erosionsdiskordanz. Die Tertiärschichten sind in flache NO streichende Falten gelegt, die Faltung hat die Culebraformation noch mit betroffen, ist demnach in das obere Oligozän zu verlegen, die jüngeren Schichten sind weniger deformiert und nur geneigt, so daß die orogenetische Bewegung erst im oberen Miozän zum Abschluß gekommen ist. Die pliozänen Torokalke sind nur schwach geneigt. Die Wasserscheide zwischen den Ozeanen liegt auf der pazifischen Seite im Culebraabschnitt.

Die Laven der Panamakanalzone sind in der nebenstehenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

## Das ältere Tertiär in Zentralamerika.

Die ältesten Tertiärschichten sind die Sandsteine von Tonosi in Panama, außerhalb der Kanalzone (= Claiborne-Schichten, U.S.A. = Mitteleozän, Lutetien und Auversien), die ältesten Horizonte auf Trinidad gehören hierher. Verbreiteter ist das Obereozän (Priabonien); Vaughan stellt auf Grund neuerer Untersuchungen die eigentliche Britostufe in Nicaragua (= Jackson-Formation, U.S.A.) hierher. Dieser Horizont erscheint bei Port David, Panama, im Kleinen Antillen-Bogen auf Barbados (die Scotland Beds sind nach Gregory vielleicht Unteroligozän), Martinique, Guadeloupe, St. Croix, St. John, St. Bartholomé, Virgines-Inseln, Porto-Rico, Haiti, Cuba, Jamaika (Richmond- und Cambridge-Formation), Chiapas und Nordguatemala, also im Umkreis des karibischen Meeres. Die Abgrenzung gegen den nächsten unteroligozänen Horizont ist nicht scharf zu ziehen. Er entspricht den Vicksburg Beds der U.S.A.

Folgende Vorkommen sind hierher zu rechnen: Die Kalksteine von Haut Chagres und Port David — die Bohiokonglomerate vielleicht etwas jünger — Panama, die Kalke von Manzanilla und die Guallavasandsteine, Costarica,



## Panamakanalregion.

| S. 500 |                                      | L M Q A C K <sub>2</sub> O MgO CaO FeO Mt |       |       |       |      |      |      |       |       |      |      | Eruptionsfolge                                     |
|--------|--------------------------------------|---|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|--|
| 10     | Basalt                               | Mt. Lirio                                 | 53,00 | 50,32 | -3,32 | 3,76 | 5,73 | 1,05 | 11,09 | 8,54  | 3,68 | 3,70 | C. Posthume Basalte                                |
| 11     | Basaltandesit                        | Gold Hill                                 | 58,28 | 39,08 | 2,64  | 3,42 | 7,73 | 0,37 | 9,02  | 3,73  | 5,61 | 2,36 |  |
| 15     | Amphibolandesit                      | Vulkan Chiriqui                           | 73,48 | 27,56 | -1,04 | 7,67 | 3,03 | 0,71 | 4,57  | 3,74  | 5,47 | —    | B. Basische Andesit-formation                      |
| 18     | Andesit                              | Chorcha Mts. Chiriqui                     | 71,92 | 28,48 | -0,40 | 5,31 | 7,36 | 1,78 | 5,23  | 2,31  | 5,17 | 2,52 |  |
| 7      | Andesitasche                         | Chiriqui Mts.                             | 75,68 | 15,48 | 8,84  | 6,65 | 5,62 | 1,44 | 4,12  | 1,74  | 0,99 | 1,78 | Miozän-<br>Gatun-<br>formation                     |
| 12     | Andesit                              | Empire                                    | 64,96 | 26,14 | 8,90  | 3,27 | 9,70 | 0,85 | 2,80  | 4,78  | 3,33 | 4,32 |  |
| 6      | Andesit                              | Panamakanalzone                           | 69,36 | 6,28  | 24,36 | 6,83 | 3,68 | 0,96 | 1,34  | 0,29  | 0,60 | 1,82 | A. Saure Rhyolith u. Andesitformation              |
| 4      | Andesitbreccie                       | Panamakanalzone                           | 59,44 | 11,42 | 29,14 | 5,11 | 4,55 | 1,09 | 2,00  | -0,36 | 2,84 | 1,74 |  |
| 13     | Dazitporphyr                         | Cocooi-Inseln                             | 65,38 | 9,75  | 24,87 | 5,02 | 6,14 | 0,63 | 3,65  | -0,66 | —    | 2,40 | Panama-<br>formation                               |
| 9      | Trachyt                              | Bejuca                                    | 64,96 | 11,64 | 23,40 | 6,61 | 3,02 | 1,75 | 2,29  | 0,92  | 1,45 | 2,32 |  |
| 14     | Rhyolith                             | Ancon Hill                                | 69,16 | 6,00  | 24,84 | 7,55 | 2,19 | 1,28 | 1,14  | 0,04  | 1,17 | 1,30 | A. Saure Rhyolith u. Andesitformation              |
| 6      | Andesit                              | Insel Old Providence, Karib. Meer         | 64,95 | 13,90 | 21,15 | 4,78 | 6,58 | 1,50 | 4,04  | -0,39 | 1,85 | 2,12 |  |
| 2      | Diorit                               | aus Bohiokonglomerat, Boquete             | 65,44 | 22,90 | 11,66 | 5,38 | 5,60 | 1,80 | 3,93  | 3,46  | 3,11 | 1,80 | Eozän:<br>Las-Cascadas-Formation                   |
| 1      | Diorit                               | aus Bohiokonglomerat, Boquete             | 68,20 | 17,36 | 14,44 | 5,97 | 5,11 | 2,13 | 3,65  | 1,64  | 2,36 | 2,24 |  |
| 5      | Quarzlatit                           | Las Cascadas                              | 73,24 | 9,84  | 16,92 | 7,32 | 3,67 | 2,55 | 1,04  | 1,17  | 0,43 | 4,56 | Obere Kreide od. Früheozän<br>Bas-Obispo-Formation |
| 3      | Diorit<br>Andes. Breccien,<br>Aschen | Point Farfan<br>Pazifische Seite          | 60,56 | 38,28 | 1,16  | 5,05 | 5,04 | 0,33 | 7,32  | 4,32  | 6,10 | 2,80 |  |



Trinidad (die Scotland Beds), Haiti, Cuba, Yucatan, Ostmexiko, Tamaulipas, Vera Cruz, Chiapas (Pecten und Orbitoidenschichten), Guatemala und Jamaika (Montpelier mit Kalksteinen).

### Der Antillenbogen.

Nach Vaughan fällt in die Zeit zwischen Obereozän und Mitteloligozän die Hauptfaltung der Großen Antillen, sie ist ein Wiederaufleben der permischen Faltung. Es entstand der Bogen Groß-Cayman—Sierra Maestra auf Cuba, ferner der südliche Bogen Jamaika, Jacmelhalbinsel, San Domingo, Porto-Rico, Virgines-Inseln, St. Croix. Im Anschluß daran drangen die Plagioklasgranite empor, deren jugendliche Stellung bereits Cleve richtig erkannt hatte.

### Der Bogen der Kleinen Antillen.

Man unterscheidet drei oder vier konzentrische Zonen, die gegen den Atlantischen Ozean konvex sind. Der äußere Bogen verläuft von Sombrero nach Barbuda und Ost-Barbados. Er besteht aus niedrigen Inseln mit Tertiärschichten, mit den Scotland Beds beginnend. Der mittlere Bogen ist durch die Inseln Anguilla, St. Martin, St. Bartholomé, Antigua, Guadeloupe Grand Terre, Desiderate, Marie galante, Westbarbados gekennzeichnet. Auf einem Sockel kristalliner Schiefer mit Graniten, Dioriten, Gabbros und Serpentinien liegen, mit Ausnahme von Barbados, wo noch ältere Horizonte erscheinen, mittleres und oberes Oligozän diskordant. Deshalb dürfte die Anlage des Bogens zugleich mit den Großen Antillen im unteren Oligozän erfolgt sein. Der innere Bogen ist rein vulkanisch. Die Inseln Saba, S. Eustatius, S. Kitts, Nevis, Rendonda, Montserrat, Guadeloupe Basse Terre, Les Saintes, Dominica, Martinique, Santa Lucia, St. Vincent, die Grenadinen, Grenada zeigen seinen Verlauf an. Auf Tuffen und Lavaströmen des Oligozäns und Miozäns liegen die jüngeren vulkanischen Formationen auf, die wohl vor allem dem Pliozän oder Pleistozän angehören und bis in die Gegenwart reichen. Die Spuren eines vierten Bogens kann man in dem submarinen Rücken der Avesinseln erblicken. Bemerkenswert ist endlich die Tatsache, daß der Bau der Großen Antillen und der Küstenkordillere von Venezuela spiegelbildlich ist, das Hauptargument für den Zusammenhang beider Bögen (vgl. Übersichtskarte Tafel II).

Mitteloligozän (Rupelien), in Panama durch die Culebraformation vertreten, findet sich auf Trinidad in den San-Fernando-Schichten oder den Naparimomergeln wieder, in der Mittelzone der kleinen Antillen auf Barbados (Scotland Beds?), Antigua (Antiguaformation), auf Porto-Rico (Pepinoformation), der untere Horizont in San Domingo, auf Cuba die Korallenriffe von Guantanamo. Oberoligozän = Aquitanien-Stufe hat die



gleiche Verbreitung. Diesem Horizont gehört vor allem die Anguillaformation auf Anguilla an. Die San-Rafael-Formation in Nordostmexiko ist dem mittleren und oberen Oligozän anzurechnen.

Das Miozän, und zwar das untere und mittlere, ist in der Panamakanalzone durch die Gatunformation vertreten, es entspricht dem Burdigalien und Helvetien (I. Mediterranstufe), der Alum-Bluff-Formation in den Vereinigten Staaten. In der Peripherie des karibischen Meeres sind diese Miozänsedimente weit verbreitet. Sie erscheinen im atlantischen Küstensaum von Costa Rica und Panama, weiter in Nordcolumbien bei Carthagena und Usiacuri, bei Cumana in Venezuela, bei Springvale auf Trinidad, auf Barbados gehören die „Oceanic Series“ hierher; sie sind von den Scotland Beds durch eine Diskordanz getrennt. Douvillé stellt den unteren Tuffhorizont mit *Lepidocyclina Giraudi* auf Martinique hierher, während der obere Mittelmiozän ist. Ein besonders charakteristischer Horizont ist der „Bowden-Mergel“ auf Jamaika. Er entspricht dem Burdigalien, eine Diskordanz trennt ihn von dem unteroligozänen Montpelier. Auch im Umkreis um den Golf von Mexiko erscheinen Unter- und Mittelmiozänschichten, so im westlichen Cuba, ferner am Isthmus von Tehuantepec. Dagegen fehlt Miozän in Ostmexiko und zwischen Yucatan und Costa Rica. Auf der pazifischen Seite sind in Nicaragua und Costa Rica unter dem Sammelbegriff „Britoformation“ sehr verschiedene Horizonte vom Ober- bis Mittelmiozän zusammengefaßt worden.

Nach dem Mittelmiozän setzt eine zweite Periode der Faltung und Hebung ein. Die Verbindung zwischen beiden Ozeanen, die abgesehen von der karnischen Zeit und vielleicht noch in der Juraperiode nur vom mittleren Eozän bis zum mittleren Miozän nach den sorgfältigen vergleichenden Untersuchungen von Vaughan bestanden hat, geht verloren. Man beobachtet allgemein, daß die älteren Tertiärschichten bis zum unteren Oligozän stärker gefaltet sind, die Schichten vom Mitteloligozän bis Mittelmiozän nur mäßig, im übrigen geneigt und verworfen.

#### Die Costa Rica-Panama-Kordillere.

Sapper hat das S-förmige Bogenstück der Costa Rica-Panama-Kordillere als einen selbständigen Bogen mit eigenem Krümmungsradius von dem zentralamerikanischen Gebirgssystem abgetrennt. Er ist nach dem Mittelmiozän gefaltet worden, denn das Pliozän des atlantischen Saums nimmt in Costa Rica nicht mehr an der Faltung teil. Die Zentralkette von Costa Rica und die Kordillere von Veragua bilden einen gegen Süden konvexen Bogen aus einer granitischen Kernzone, die von oligozänen und miozänen Sedimenten mantelförmig verhüllt wird. Die granitische Zone erreicht aber die Panamakanalzone nicht mehr, dagegen taucht sie in der Kordillere San Blas in Darien wieder auf.



Diese Granite werden als tertiär angesprochen. Gabb glaubt am Pico Blanco durch Kontakt mit dem Granit verändertes Tertiär beobachtet zu haben. Andererseits beweist das Vorkommen von Dioritgeschieben in den Bohiokonglomeraten, daß auch ältere Tiefengesteine vorhanden sein müssen. Bei der starken Verhüllung des Untergrundes läßt sich nicht sicher entscheiden, ob die granitische Zentralkette schon vor der tertiären Faltung vorhanden war oder das Produkt der miozänen und oligozänen Faltung ist. Ein äußeres Bogenstück ist in Bruchstücken in den Halbinseln Nicoya, Osa, in der Insel Coiba und in der Halbinsel Azuero erhalten. Auf Nicoya fand Sapper Diorit, der Oligozän im Kontakt verändert hat. Auf Azuero streicht die Sierra de Guanico N—S und besteht aus dunklen Andesiten (Labradoriten). Im Osten des Panamagolfs, in der Nähe der Mündung des Sambuflusses am Kap Guarachiné sind blaugraue Kalksteine und Kiesel-schiefer unbekannten Alters steil gefaltet mit NW Streichen. Wenn auch so manches noch unklar ist, so steht doch fest, daß die letzte Faltung hier Ende Mittelmiozän erfolgte. Im Anschluß daran kam es zum Erguß mächtiger Andesite, Rhyolithe und Basaltmassen. Diese vulkanische Periode hat nicht lange ange dauert. Sie kommt im Pliozän in der Panamaregion im wesentlichen zur Ruhe.

### Das zentralamerikanische Gebirgssystem.

Die den pliozänen Torokalksteinen entsprechenden Horizonte ziehen sich längs der karibischen Küste nach Port Limon in Costarica hin, ferner in Nordcolumbien bei Barranquilla.

Auf den Kleinen Antillen ist das Vorkommen von Pliozän umstritten, dagegen ist die Kingstone- und Machioneal-Formation auf Jamaika pliozänen Alters. Auf Cuba bei Guantanamo sind pliozäne Horizonte durch Pecten Pittieri sichergestellt. Weit verbreitet ist Pliozän in Yucatan und Chiapas. An der Grenze Pliozän—Pleistozän fand eine dritte orogenetische Phase statt, welche das zentralamerikanische Gebirgssystem abschließt. Der Westflügel in Chiapas und Guatemala lehnt sich nach den Aufnahmen von Böse und Sapper an die alte permische Kordillere an. Im Gegensatz zu dem mexikanischen Gebirge sind Eozän bis Pliozän in mariner Fazies entwickelt. Mit der jugendlichen Faltung sind außerordentliche Hebungen verknüpft. Das Miozän steigt bis zu 1800 m, das Pliozän bis 2400 m an. Das Plateau central von Chiapas entsteht als Geoantiklinalgebiet. Eozän und Oligozän sind in weite Synklinalen und Antiklinalen gelegt.

Honduras und Nicaragua faßt Sapper als den Ostflügel des zentralamerikanischen Gebirgssystems auf. Das im wesentlichen aus Kreide bestehende Deckgebirge ist in eine Anzahl Wellen gelegt, wie die Sierra Merendon, 2100—2200 m, Sierra Atima, Sierra de Canchia und viele andere.



Sicherlich hat die mitteloligozäne und miozäne Faltung hier wesentlich mitgewirkt. Westhonduras ist zum großen Teil von miozänen Andesiten bedeckt, die höchsten Erhebungen wie Cerro Erapuca, 2500 m und Cerro Selaque, 2800 m, sind jungeruptiv. Diese Verhältnisse greifen nach Osthonduras und Nordnicaragua hinüber, während in Südnicaragua der ältere Untergrund stärker hervortritt.

Sporadisch treten ältere Eruptivgesteine der atlantischen Magmenprovinz auf. v. Seebach stellte Phonolithe an der Culebrabucht in Nordcostarica fest, Mierisch fand gleiche Gesteine im Uanigebiet am Oberlauf des Rio Prinzapolca in  $14^{\circ} 15' \text{ N.Br.}$  und  $84^{\circ} 55' \text{ W.L.}$

Im Anschluß an diese jüngere orogenetische Periode setzten zahlreiche Krustenverschiebungen ein. In Tabasco und Chiapas leben die alten Bruchlinien wieder auf. Der streichende Grabenbruch der „Depression central von Chiapas“ entsteht an seinem Grabenrand; zum Teil der Mesa aufgesetzt erscheinen die Vulkane der Zontehuitzgruppe. Der Kesselbruch von Peten ist vielleicht etwas älter. Postpliozän ist der Yucatangraben und der Barlettgraben. Die Sierra Maestra auf Cuba sinkt wohl in einer Flexur gegen den Caymanrücken ab. Die Trennung von Cuba, Jamaica und Haiti, die Anegadapassage sowie die Zerstücklung der Kleinen Antillen fällt in diese Zeit. West- und Osthonduras wird durch einen submeridionalen Bruch, dessen Alter nicht näher bekannt ist, getrennt. Die Depression verläuft von der Fonsecabai zur Ebene von Sula, die interozeanische Wasserscheide liegt bei Rancho chiquito unter 1000 m in  $14^{\circ} 10' \text{ N.Br.}$  Rio Guascaran fließt in den Pazifik, Rio Uloa in den Atlantischen Ozean. Postpliozän ist der Einbruch der Mosquitoebene.

Im Honduras-Nicaragua-Jamaica-Block spielen NW verlaufende Querbrüche eine Rolle, ihnen folgt die Küste von Honduras, NW vom Kap Gracias a Dios. Diesem System gehört der Nicaraguabruch an, sein Verlauf wird durch den Rio San Juan, Nicaragua- und Managuasee, Fonsecabai gekennzeichnet.

Die jungen zum Teil noch tätigen Vulkane sind auf eine schmale Randzone längst der pazifischen Küste beschränkt, die durch die Staaten Costarica, Nicaragua, San Salvador und Guatemala verläuft. Sie folgen jenen Querbrüchen. Die Anordnung der Vulkanreihen ist gestaffelt.

Die Costaricareihe beginnt mit dem im Süden isoliert liegenden Vulkan Chiriquí. Die nächste jüngere Staffel ist die NW streichende Nicaraguareihe, sie ist etwas gegen Osten eingerückt. Die letzte Staffel ist die Vulkanzone von Salvador und Guatemala, sie verläuft WNW wieder parallel zum pazifischen Abbruch.

Zu einer abweichenden Auffassung der Bildung des Nicaraguasees kommt Hayes. Der See war ursprünglich ein Teil der Nicaraguabai und ist in sehr jugendlicher Zeit durch die Aufschüttungen der anfänglich sub-



marinen Nicaraguavulkane abgedämmt worden. Der im See lebende Sägehai *Megalops* ist nach ihm ein pazifisches Relikt.

Die ältesten auf dem Isthmus von Nicaragua sichtbaren Horizonte sind die Britoformation im Westen (nach Vaughan = Obereozän) und die Machucaformation auf der atlantischen Seite. Hayes hält beide für Äquivalente, sie sind in flache Antiklinalen gelegt. Ein strenger Beweis für ihre gleiche stratigraphische Stellung läßt sich bei dem Mangel an deutbaren Fossilien in der Machucaformation nicht erbringen. Jünger als Oligozän ist sie aber bestimmt nicht. Diesen alttertiären Formationen ist viel tuffiges Material beigemengt. Größere vulkanische Konglomerate finden sich nur an der pazifischen Küste und im Südwesten des Sees. Die alttertiären submarinen Britovulkane müssen also im Westen vor der pazifischen Küste gesucht werden. Im Mitteltertiär kam es dann zur Extrusion und Intrusion gewaltiger Mengen von Daziten, Augitandesiten, Olivin- und Hypersthenbasalten. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt etwa in der Axe des heutigen Isthmus. Nach Analogie mit Panama wird man ihren Ausbruch in das Obermiozän verlegen dürfen. Es folgt eine Periode der Hebung, Hayes mitteltertiäre Hebung. Die Vulkanausbrüche kommen zur Ruhe. Der Isthmus wurde breiter, die pazifische Küste lag weiter gegen Südwest. Die vulkanischen Peaks wurden ein Opfer der marinen Erosion. Auf dem Lande setzte eine intensive Verwitterung und Erosion ein, eine Rumpffläche bildete sich. Auf der Wende Tertiär trat eine neue Hebung des Isthmus um 60—90 m ein (Hayes posttertiäre Hebung).

Die Vulkane der Costaricareihe öffneten ihre Schlünde. Noch jünger und durch einen Sedimentstreifen getrennt sind die Vulkane der Nicaraguareihe. Sie wachsen aus einer submarinen Unterlage hervor. Die Tuffe des Jinotepeplateaus sind die liegendsten sichtbaren Schichten. Ihre Produkte haben nach Hayes den See abgedämmt. Noch später bewirkte ihre Tätigkeit die Abtrennung des Managuasees. Hypersthenandesite sind ihre verbreiteten Laven, sie werden zuletzt von Basalten abgelöst. Subrezente Senkungen sind die letzten Krustenbewegungen.

Die moderne vulkanische Tätigkeit Mittelamerikas begann nach Sapper im frühen Quartär. Bei Managua in der Senke von Nicaragua fand Hayes die Abdrücke menschlicher Fußspuren in den Schlammströmen an der Grenze zweier übereinander liegender Ströme. Aus dem Erhaltungszustand der Vulkane lassen sich drei Abschnitte trennen: 1. die Bildung der vulkanischen Unterbauten mit ihren Radialschluchten, 2. die großen Radialfurchenberge, 3. die wohl erhaltenen Kegelberge.

Zusammenfassend kann als Ergebnis der obigen Untersuchungen festgestellt werden, daß, von den permischen Faltungen abgesehen, folgende orogenetische Phasen den Aufbau Zentralamerikas bewirkt haben: 1. Die Laramie- oder Rocky-Mt.-Faltung zwischen Kreide und Eozän. Sie schuf



# Vergleichende Zeittafel der Tertiärs nach Vaughan.

| Stufe    | Panama  | Mexiko, Zentralam.  | Jamaika                                      | Cuba   | San Domingo                   | Antillen  | S. O. Vereinigte Staaten  | Europa  |
|----------|---|---|--|--|-------------------------------|---|---|---|
| Pliozän  | Torokalke   | Pliozän v. Yukatan<br>Kalke v. Costarica                    | Manchioneal-formation<br>Kingstone-formation | Pliozän von Guantanamo                             |                               |   | Waccanaw-mergel<br>Nashuamergel<br>Caloosahatchee-mergel          | Sicilien<br>Asien<br>Plaisancien                                      |
| Miozän   |   |   |  |  |                               |   | Yorktownform.<br>St. Marys Form.<br>Choptankform.<br>Calvertform. | Pontien<br>Sarmatien<br>Tortonien                                     |
|          |   | Gatunformation in Costarica, Pazif. Küste von Nicaragua     |  | La Cruzmergel                                      | Obere Horizonte               | Obere Horizonte auf Martinique  |   | Helvetien   |
|          | Gatunformation  | Nicaragua Tehuantepec                                       | Bowdenmergel                                 | Mergel   | Zonen G, H, J auf San Domingo | Mergel auf Barbados<br>Untere Horizonte auf Martinique                              | Alum Bluff-formation  | Burdigalien   |
| Oligozän | Emperadorkalke  | San Rafael-formation<br><br>Pecten und Orbitoiden-schichten | Montpelier mit Kalksteinen                   | Schichten auf Cuba<br>Korallenriffe von Guantanamo | Untere Horizonte              | Anguillaform. auf Anguilla<br>Antiguaform. Antigua<br>Pepinoformation<br>Punto Rico | Tampaform.<br>Chattahoochee-formation                             | Aquitainen<br>Chaffien  |
|          | Culebra-formation                                     |   |  |  |                               |   |   | Rupelien  |
|          | Bohio-konglomerate<br>Kalke v. Chagres und Port David |   |  |  |                               |   | Vicksburg-gruppe  | Lattorfien  |
| Eozän    |   | Brittstufe in Nicaragua                                     | Cambridge Richmond-formation                 | Kalksteine auf Cuba und Haiti                      |                               | St. Bartholomew-Kalksteine  | Jacksonformation  | Italien (Priabonen)<br>Bartonian                                      |
|          | Schichten von Torosi                                  | In Texas: Claiborne-, Wilcox-, Midwaystufe                  |  |  |                               |   | Claibornegruppe<br>Wilcoxformation<br>Midwayformation             | Auvergnien<br>Lutetien<br>Ypresien<br>Sarmatien<br>Thamien<br>Montien |
|          |   |   |  |  |                               |   |   |   |



das mexikanische Gebirgssystem. 2. Die Antillenfaltung im Unteroligozän. 3. Faltungen in der Panamakanalzone im oberen Oligozän. 4. Faltungen der Costaricakordillere auf der Wende Mittelmiozän und Obermiozän. 5. Die zentralamerikanische Faltung, Grenze Pliozän gegen Pleistozän.

## 2. Der pazifische Rand Zentralamerikas.

### a) Die Costarica-Vulkanreihe.

Eine vollständig isolierte Lage besitzt der Vulkan Chiriquí, 3343 m, 8° 48' N. Br., 82° 30' W. L., in Panama, er lehnt sich an den Südabfall der Kordillere an und erhebt sich relativ 2500 m über die Umgebung als ein fünf-zackiges vulkanisches Massiv vom Pinchinchatypus. Der Berg ist von Wagner und Sapper untersucht worden. Drei Entwicklungsphasen lassen sich erkennen. Ein alter elliptischer Calderarand ist mit der großen Axe NW orientiert und steigt nach Sapper bis 3200—3500 m auf, der alte Kraterboden liegt 100 m tiefer und ist mit Lapilli bedeckt. Eine Anzahl kuppenförmiger Hügel sind die Reste eines alten Lavastroms, der am NO-Abhang des inneren Randes entspringt. Die jüngeren Ausbruchspunkte sind gegen SW verrückt, in der Richtung der kurzen Calderaachse. Ein zweiter Ringwall umgibt den Hauptgipfel konzentrisch, sein Rand bewegt sich nach Sapper zwischen 3550 und 3560 m, seine NO-Hälfte ist erhalten, der Boden des Atriums ist wieder mit Lapilli bedeckt. Der dritte jüngste Kegel erhebt sich nach SW exzentrisch 80 m über dem Atrium, ein kleiner Lavastrom fließt nach W aus. Sapper glaubt im Westen des Vulkans, NW von der Mata del Frances ein parasitäres Vulkankegelchen erkannt zu haben. Der Vulkan baut sich aus kompakten Laven von Hornblendeandesiten und basaltischen Andesiten auf, daneben spielen Tuffe als Produkt von Aschen-eruptionen und Schlammströmen eine große Rolle. Die Tradition gibt einen letzten Ausbruch in der Mitte des 16. Jahrhunderts an, der aber sehr unsicher ist. Sapper fand keine Spuren einer Tätigkeit. Ein angeblicher Ausbruch von 1912 bestand nach Sapper in einem Waldbrand.

| S. 500 |   | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt |
|--------|---|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|----|
| 15     | Amphibolandesit<br>Vulkan Chiriquí,<br>Panama | 73,48 | 27,56 | -1,04 | 7,67 | 3,03 | 0,71             | 4,57 | 3,74 | 5,47 | —  |

Die eigentliche Vulkanreihe von Costarica beginnt erst mit dem Vulkan Irazú, nachdem andere angebliche Vulkane, wie Chiripó, Ujum, Kamuk, Pico Blanco, Rovalo sich als andere Gebilde erwiesen haben.

Der Irazú, 3452 m (Pittier), 9° 59' N. Br., 83° 52' W. L., erhebt sich etwa 2600 m relativ über seine Umgebung, er ist ein viel bestiegener Berg. Der Vulkan hat sein aufbauendes Stadium längst überschritten. Nach langer Ruhepause, in der die letzten Anzeigen einer Tätigkeit verschwunden



waren, hat er seine Tätigkeit in neuester Zeit wieder aufgenommen. Nach Sapper hat sich der letzte Abschnitt der zerstörenden Tätigkeit in drei Phasen abgespielt. Eine große ovale Urcaldera I (Abb. 27) mit der Längsachse WNW von 1200 m und einem Rande von 3350—3370 m war die Bildung der ersten Phase. Ihr Boden liegt als zwickelförmiger mit Lapilli bedeckter Rest in 3320 m im Süden. Die zweite Phase schuf die Caldera II, exzentrisch in der Hauptachse gegen OSO. Auch sie ist oval, große Achse NNO 500 m, WNW 400 m, mit einer Umwallung aus kompaktem Fels bis zu 3380 m, Boden in 3180 m. Das Ergebnis der dritten Phase ist der Hauptkrater III, das Zentrum wandert in der Längsachse gegen WNW.

Seine Maße sind WNW 800 m, NNO 700 m, Umwallung in 3320 m, Kraterboden bei J in 3140 m. Dieser Hauptkrater erfuhr eine Verengung durch

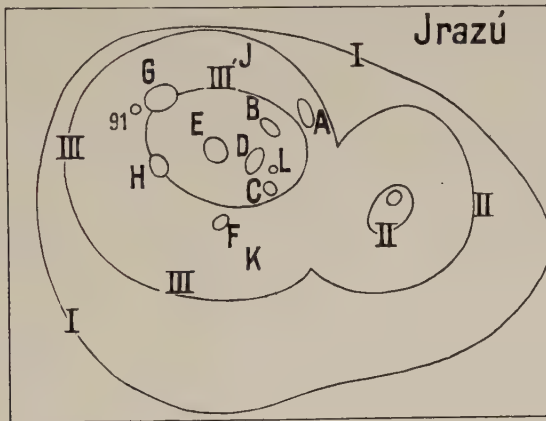


Abb. 27. Der Krater des Jrazú nach Sapper.

den konzentrischen Tochterkrater III', WNW 480 m, NNO 320 m. Die Caldera III besitzt eine ganze Anzahl kleiner schachtartiger Krater wie A, B, C, D, E, F, G, H, L, g<sub>1</sub>. E ist jünger als D; G der Sitz des aktiven Zentrums.

Von den drei Adventivkratern ist Reventado, 1 km SW vom Gipfel, der bedeutendste; er enthält einen See, die Laguna de los Derrumbados in 2230 m Höhe; die beiden anderen liegen SO vom Gipfel.

Die einzige sicher verbürgte ältere Eruption fand 1723 statt. 1726 ist zweifelhaft und vielleicht nur die ausklingende Phase von 1723 gewesen. Hundert Jahre später zeigt sich in Auswirkung des Erdbebens von 1821 im Jahre 1822 eine erhöhte Fumarolentätigkeit, desgleichen 1844, 1847 aus Krater G. 1886 war eine Solfatara der „Volcan Nuevo“ am NO-Hang in Tätigkeit. 1889 war der Vulkan völlig erloschen. Mit dem Jahre 1910 begann eine neue Periode. Die Solfatara des Volcan Nuevo regte sich. 1917 stießen am 27. Sept. die Krater E, D, G, H Dämpfe und SO<sub>2</sub> aus. Am



4. Sept. entwickelte G eine starke Rauchsäule. Tristan schildert den Verlauf der Eruptionsperiode folgendermaßen: 17. Dez. starke Zunahme, am folgenden Tag fiel Asche. G hatte sich stark vergrößert, 27. Dez. erste starke Eruption aus G, zunächst wurde grobes Material gefördert, dann Schlamm und Asche zu großer Höhe geblasen, die Wolke entlud sich bis San José, während 1918 blieb der Zustand unverändert. Größere Eruptionen sind vom 6. Jan. 6 Uhr 30 p. m. mit Asche in San José; 7. Jan. 7 Uhr a. m., beide aus G; Aug., Sept., Okt. registriert. Am 20. Okt. hatte sich östlich von D ein neuer Krater M gebildet. G und M stießen zwei deutlich unterscheidbare Rauchsäulen aus. Die Haupteruption trat **30. Sept. 1918** 13 Uhr 30 ein, die Asche flog bis Nicoya. 14. Febr. 1919 war ein großer Teil von D und E verschwunden, ein größerer Krater von 60 m Durchmesser nahm seine Stelle ein. Tristan konnte aus nächster Nähe eine Schlammernuption beobachten, die 100—150 m hoch stieg. 17. März 16 Uhr; 15. Aug. 1920 war die Tätigkeit unverändert; M hatte sich von O—W auf 200 m erweitert; die kleinen Krater an seiner Stelle waren restlos verschwunden. Am 27. Sept. 1920 6 Uhr 20 fand wieder eine starke Eruption statt, die Asche fiel in San José. M verblieb allein in Tätigkeit. 1921 setzte der Vulkan seine Tätigkeit fort bis 1927. Soweit sich übersehen läßt, ist bisher nur altes Material gefördert worden, die Temperatur blieb relativ niedrig. Lava oder Staukuppen traten nicht in Erscheinung. Der Vulkan ist der tätigste des ganzen Bogens.

Vom Adventivkrater Reventado führt über den Hauptkrater des Irazú auf der gleichen Basis in ONO-Richtung eine gerade Linie, die zudem durch einen Rücken markiert ist zu den vier Kratern des Turrialba, 3342 m (rel. ca. 2500 m),  $10^{\circ} 1' N.$  Br.,  $83^{\circ} 46' 30'' W.$  L., so daß ein tektonischer Zusammenhang anzunehmen sein wird. In diese Linie fällt die 1400 m lange Achse des Kraters, der in drei Abschnitte zerfällt. Krater I und II sind in einem älteren Krater eingesenkt. Krater III ist das aktive Zentrum, das in 3120 m die tiefste Stelle besitzt. Der östliche Krater IV ist flach und kreisrund. Der Turrialba war 1723 zugleich mit dem Irazú tätig. Sapper notiert den Berg rauchend 1842, 1853, 1855, 1861, 1864, 1865, 1866; die drei letzten Ausbrüche förderten Asche. Vom Turrialba wurden anorthitreiche, doleritische Laven analysiert (S. 502, Nr. 7).

WNW von Irazú folgen die Vulkane Barba und Poas. Barba, 2898 m (rel. 1800 m),  $10^{\circ} 6' 30'' N.$  Br.,  $84^{\circ} 2' 30'' W.$  L., ist dreigipflig, vom Ostgipfel zieht sich in WSW-Richtung ein schmaler Grat Cerro de Cuerizi, der mittlere Gipfel besitzt einen wohl erhaltenen ovalen Krater mit See, O—W 100 m, N—S 60—70 m. Ausbrüche sind nicht bekannt. O vom Barba schließt sich der Cerro de Surqui an, vielleicht ein zerstörtes Vulkangerüst mit drei Nebenkegeln.

Poas, 2678 m (rel. 1600 m),  $10^{\circ} 10' N.$  Br.,  $84^{\circ} 14' W.$  L., von den



drei Kratern ist der nördliche der älteste, die Umwallung ist bis auf die nördliche Hälfte zerstört, der mittlere Krater II ist der jüngste und noch tätig; er ist gewöhnlich mit Wasser bedeckt und stößt  $\text{H}_2\text{S}$ - und  $\text{SO}_2$ -Exhalationen aus, der südliche Krater III enthält in 2564 m einen See.

Sapper beobachtete, wie sich Dampfhalationen aus Krater II zu einem geysirähnlichen Ausbruch steigerten und schwärzliche Schlammassen hochschleuderten.

Aschenausbrüche sind bekannt: 1838, 1880, 1907 oder 1908, 1910 25. Jan. 16 Uhr 25 starker Aschenausbruch, die Eruptionswolke stieg 4000 m hoch. 1927 verschwand nach Sapper der Kratersee. Die Laven des Poas gleichen denen des Turrialba. Nach einer längeren Lücke, in der ein vulkanverdächtiger Kegel, der Pelon oder Volcan de los Canastes, 1900 m (rel. 1000 m), ca.  $10^\circ 23'$  N.Br.,  $84^\circ 43'$  W.L., liegt, folgen die Vulkane Tenoria, 1432 m (rel. ca. 1000 m),  $10^\circ 39' 30''$  N.Br.,  $84^\circ 59' 30''$  W.L., erloschen, ohne erkennbaren Krater (v. Seebach); Cuipilapa-Miravalles, ca. 1400 m (rel. 1100 m),  $10^\circ 41'$  N.Br.,  $85^\circ 9' 30''$  W.L., abgesehen von Schlammgesprudeln und Fumarolen erloschen; Rincon de la Vieja, ca. 1500 m (rel. 1200 m),  $10^\circ 50'$  N.Br.,  $85^\circ 22'$  W.L., nach Sapper 1860 und 1863 rauchend und etwas Asche auswerfend; Orosi, 1571 m (rel. 1200 m),  $10^\circ 59'$  N.Br.,  $85^\circ 29'$  W.L. Der Vulkan soll 1844 und 1849 tätig gewesen sein und Lava gefördert haben, Sapper stellte jedoch fest, daß die Gipfelregion alte Bäume und eine üppige Vegetation trägt, so daß die Angaben, wenn sie überhaupt zutreffen, sich höchstens auf den südöstlichen Nachbarberg Góngora beziehen können, 1499 m (rel. 1100 m),  $10^\circ 56'$  N.Br.,  $85^\circ 56'$  W.L.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Vulkane der Costaricazone dem Hochland aufgesetzt erscheinen und etwa dem pazifischen Abbruch parallel laufen. Sie befinden sich bereits alle in dem vulkanischen Zerstörungsstadium. Ihre Tätigkeit ist sehr schwach und durch lange Ruhepausen unterbrochen und steigt kaum über die ultravulkanianische Phase. Die Tätigkeit ist am besten als ein bis zur Explosion gesteigertes Fumarolenphänomen zu charakterisieren. Neues Material ist nicht mehr gefördert worden. Die Herde sind dem gänzlichen Erlöschen nahe. Die tektonische Stellung dieser Vulkane entspricht durchaus dem andinen Typus.

## Zusammensetzung der Laven.

| S. 502 |                        | Costarica                 | L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt |
|--------|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------------------|------|-------|------|----|
| 1      | Augitandesit           | Vulkan Irazu              | 76,60 | 20,14 | 3,26  | 5,76 | 7,63  | 1,74             | 4,31 | 0,99  | 4,77 | —  |
| 7      | Dolerit                | Vulkan Turrialba          | 57,23 | 26,58 | 16,19 | 1,59 | 10,78 | 0,00             | 7,94 | -1,39 | 5,35 | —  |
| 8      | Dolerit                | Vulkan Poas               | 61,02 | 23,36 | 15,62 | 1,79 | 11,38 | 0,00             | 7,60 | -1,18 | 4,08 | —  |
| 9      | Hornblendeaugitandesit | Vulkan Rincon de la Vieja | 64,44 | 17,72 | 17,84 | 4,56 | 6,99  | 0,94             | 4,21 | 0,01  | 4,64 | —  |



## b) Nicaraguareihe.

## Vulkane des Nicaraguasees.

Die Reihe beginnt mit dem Doppelvulkan Madera-Ometepe auf einer Insel im Nicaraguasee.

Der *Madera*, 1329 m (rel. 1240 m),  $11^{\circ} 27' \text{ N.Br.}$ ,  $85^{\circ} 31' \text{ W.L.}$ , ist ein erloschener, mäßig steiler, abgestumpfter Kegel. Durch Wandern des Zentrums nach Norden entstand sein Zwillingsbruder, der *Ometepe* (Volcan de la Concepcion), 1578 m (rel. 1557 m),  $11^{\circ} 33' 36'' \text{ N.Br.}$ ,  $85^{\circ} 37' 10'' \text{ W.L.}$ , ein steiler Kegel aus Lapilli und Lavaströmen, mit kleinem Kratersee, ein zweiter, flacherer, nach NO geöffneter Krater scheint auf der östlichen Abdachung zu liegen. Die älteren Angaben über eine dauernde Tätigkeit des Berges um die Wende des 19. Jahrhunderts, die auf Juarros zurückgehen, sind mit großer Vorsicht aufzunehmen. Ein sicher verbürgter Ausbruch fand nach *Sapper* 1883 Mai, Juni statt, sehr viel Asche und Lava sogar wurden gefördert. 1908—1910, 1921—1926, Aschenausbrüche. Nach *Hayes* besteht der Kegel aus andesitischem Material (Hypersthenandesit), nur die jüngsten Ströme sind basaltisch.

Die nördliche Insel *Zapatero*, 579 m,  $11^{\circ} 45' \text{ N.Br.}$ ,  $85^{\circ} 49' \text{ W.L.}$ , ist nach v. Seebach ein zerstörtes Vulkangerüst. Auf dem Lande liegt der *Mombacho*, 1363 m (rel. 1350 m)  $11^{\circ} 49' 30'' \text{ N.Br.}$ ,  $85^{\circ} 58' 36'' \text{ W.L.}$

Der Berg besitzt einen elliptischen Krater mit der Längsachse W—O mit See. Ausbrüche sind nicht verbürgt. Es folgt der erloschene Vulkan von *Santa Catharina* (Pacayita), 624 m,  $11^{\circ} 55' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 5' \text{ W.L.}$

Ein umfangreicher komplizierter Bau ist der *Masaya-Nindirí*, 660 m,  $11^{\circ} 58' 30'' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 10' 30'' \text{ W.L.}$ , ein riesiger Maarkessel nimmt eine Anzahl Ausbruchspunkte exzentrisch auf.

v. Seebach und *Sapper* geben folgende Darstellung der Geländeverhältnisse. In die Ebene von Jinotepe, zwischen Nicaragua- und Managuasee, ist eine halb elliptische calderaartige Depression eingesenkt mit der großen Achse von O—W von 10 km, nach N und NO ist sie offen, im W und S steil. Die Umwallung besteht aus der Cascayoformation einer durch Schlammströme oder submarin gebildeten Tuff-Formation, die das ganze Plateau zusammensetzt, nur in den unteren Teilen tritt ältere Lava hervor. Etwa konzentrisch zur äußeren Umwallung verläuft eine etwas niedrigere innere Umwallung, an deren steilen Gehängen nach innen Laven und Aschenlagen wechseln. Exzentrisch im Süden der Caldera erhebt sich über einer gemeinsamen elliptischen O—W gestreckten Basis der Zwillingskegel des *Masaya-Nindirí*. Der westliche Kegel, 610 m, ist der niedrigere und das letzte aktive Zentrum; er führt jetzt nach *Sapper* den Namen „Vulkan Santiago“, früher wurde er *Nindirí* genannt. Das eigenartige dieses Vulkans besteht



darin, daß er einen richtigen terrassierten Pittkrater vom Kilaueatypus trägt. In dem Ostkegel Masaya, im engeren Sinn, ist ein Krater OW 600 m, NS 450 m 100 m eingesenkt. An ihn schließt sich unmittelbar südlich ein flacherer Seitenkrater von ca. 120 m Durchmesser. Im Osten befinden sich Reste des Wallkammes eines zerstörten dritten Kraters. Drei große Lavafelder lassen sich in der Umgebung des Vulkans unterscheiden. Das eine entstammt dem südöstlichen Krater des Ostkegels und ist gegen den Masayasee nach O abgeflossen, das größte Malpais, die „Piedra quemada“, floß aus dem dritten Nordkrater des Ostgipfels nach N ab, das Feld ist etwa 4 km breit und 11 km lang. Der Strom hat sogar den flachen nördlichen Calderarand überflutet, ist also scheinbar bergauf geflossen! Squier erklärt diese Merkwürdigkeit so, daß der Strom sich zuerst zwischen Schlackenmauern so hoch aufstaute, daß er über den flachen Calderarand überfließen konnte, dann, nachdem er die Seitenwälle gesprengt hatte, sich seitwärts in dem tieferen Niveau ausbreitete. Beide Ströme sind vorgeschichtlich. Ein dritter Strom entstammt dem Westkegel und ergoß sich 1670.

In der Geschichte der Ausbrüche folge ich S a p p e r. Vor der Conquistazeit hatte der Ostkrater noch einen Lavasee, er zeigte 1529, als O v i e d o ihn besuchte, Trichterform und nicht Kesselform wie heute, bald darnach schloß er sich. Der Westkrater übernahm nunmehr die Tätigkeit, in einem Schacht kochte ein Lavasee. Eine anschauliche Schilderung dieser berühmten „Hölle von Masaya“ hat O v i e d o hinterlassen; war es doch das erste Mal, daß man einen richtigen Feuersee zu sehen bekam. Die Lavasäule stieg bis zum Kraterand und fiel; gelegentliche Explosionen lieferten Bimsstein. Dieser Zustand dauerte bis 1570, 1537 und 1538 bestand noch in einem in der Mitte des Kraterbodens eingesenktem Loch ein Lavasee, 1670 floß der oben erwähnte große Strom aus, 1772, 16. bis 23. März Lavaausbruch, 1852, Juli leichter Lavaerguß, 1853, 9. April; 1858, 10. Sept. leichter Ausbruch nach einer Bebenserie im April und Mai; 1859, 27. Jan., 1860; 1902 Mai; 1903 Nov. und 1904 Juni leichte Aschenausbrüche, im Januar 1903 entstand im Grund des Santiagokraters ein Aschenkegel. Nach einer Bebenserie vom 31. Dez. 1905 bis 5. Januar 1906 tat zwischen dem parasitischen Kegel „El Pelon“ und dem Nordhang des Vulkans sich ein neuer kleiner Ausbruchspunkt auf, der Rauch und Gase ausstieß. Dieser Ausbruch war gleichzeitig mit dem des Momotombo.

Der Lavasee im Westkrater hat häufig seine Lage gewechselt. Anfang 1529 war er zentral, Juli 1529 stark exzentrisch, 1534 oder 1536 etwas exzentrisch, 1537 oder 1538 zentral, ebenso unterlagen seine Dimensionen einem starken Wechsel. Die Terrassierung seiner heutigen Gestalt mag 1670 oder 1772 entstanden sein. Weitere Ausbrüche sind aus den Jahren 1913, 1919—1924, 1927 zu verzeichnen.



Die Gegend zwischen dem Nicaragua- und Managuasee ist durch eine Anzahl Maare ausgezeichnet. Es sind von S nach N folgende: der Apoyasee, 91 m,  $11^{\circ} 55' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 3' 12'' \text{ W.L.}$ , südlich des Weges Granada-Masaya, O—W 28 km, N—S 15 km, Steilrand 150 m (v. Seebach), am Südufer des Managuasees liegen drei Maare: Nejapasee, Durchmesser 800 m, Steilrand 150 m; in seiner Nähe liegt ein hoher Aschen- und Schlackenkegel, der Asososcosee, 800 m Durchmesser, Steilrand 260 m; südlich von Managua im Cascajo eingesprengt der Tiscapasee, 600 m Durchmesser, Steilrand 25 m mit Gasexhalationen. Der Jilúasee, südlich Chiltepe, ist wohl auch ein Maar.

Der letzte Vulkan dieser Reihe ist der Cerro Guapas auf der Halbinsel Chiltepe des Managuasees, ca. 450 m, ca.  $12^{\circ} 13' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 21' \text{ W.L.}$

### Die Maribiosvulkane.

Eine Reihe von Geschwistervulkanen in der Längsrichtung beginnt mit dem Vulkan Momotomita auf einer Insel im nordwestlichen Teil des Managuasees, ein regelmäßiger Kegel, 400—500 m,  $12^{\circ} 20' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 30' \text{ W.L.}$ , erloschen, nach v. Seebach vielleicht ein altes Kraterbecken. Als erstes aktives Zentrum folgt auf dem Lande der Momotombo, 1258 m (rel. 1200 m),  $12^{\circ} 25' 12'' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 33' 3'' \text{ W.L.}$  (Sapper), er ist ein stolzer, regelmäßiger Kegel mit  $30\text{—}35^{\circ}$  Böschung. Der Berg befindet sich nach Sapper sehr häufig in rauchendem Zustande und hat in geschichtlicher Zeit beträchtliche Mengen Lockerprodukte und auch Lavaströme gefördert. Folgende Ausbruchsdaten können als sicher verbürgt angesehen werden: 1529, 1609, 1764, 1849, 1852, 1886 23. Mai, seitdem verharrte der Berg in solfatarischer Tätigkeit, 1905 16. bis 21. Jan. Aschenausbruch und Lavaström nach N gegen die Sierra Santa Ana.

NW vom Momotombo entdeckte v. Seebach einen kleineren Kegel, den er zu Ehren des Kapitäns M. John Dow mit dem Namen Dowkegel taufte; es ist der Cerro Montose, 525 m,  $12^{\circ} 27' 40'' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 36' \text{ W.L.}$  Als Momotombo in kleinerem Maßstabe charakterisierte v. Seebach den Asososco, ca. 807 m (rel. 500 m),  $12^{\circ} 27' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 41' 20'' \text{ W.L.}$ , der Berg ist nicht mehr tätig, an seinem Westfuß liegt die kleine Laguna del Tigre (Asososco, Sapper).

Die Las-Pilas-Vulkane, es sind das eine ganze Anzahl, hat Sapper eingehender untersucht. Las Pilas, 1071 m (trigonometrisch, 1150 m, Sapper, Aneroidbestimmung),  $12^{\circ} 29' 11'' \text{ N.Br.}$ ,  $86^{\circ} 40' 52'' \text{ W.L.}$ , ist der Hauptvulkan, der exzentrisch gegen NW in einer größeren Caldera lag, von der nur ein kleines Segment im NO erhalten ist. Der Mantel des Pilas besteht aus großen lockeren und schlackigen Lavablöcken eines vitrophyrischen Andesits, sein Gipfelkrater hat einen Durchmesser von 500 m



und ist flach, an seinem Südende liegt ein Felskrater von 100 m Durchmesser und etwa 150 m Tiefe. Durch Wandern des Zentrums gegen WSW wurde der Kegel A 150 m niedriger aufgebaut. Auf gemeinsamem Sockel mit dem Pilas erhebt sich gegen NW der Cerro Grande, 1070 m, mit einem gegen O offenen Hufeisenkrater. Gegen SW folgt der Seitenkrater E mit einer bis 900 m ansteigenden Umwallung aus Lapilli und Schlacken. Vom Cerro Negro nimmt eine N—S verlaufende Spalte, die eine Anzahl Kegel trägt, ihren Ausgang. Cerro Negro, 525 m, ist ein schwarzer Schlackenkegel mit zwei Kratern, hier lag 1850 das Eruptionszentrum. NNO von ihm folgt eine kleine hufeisenförmige, aus Schlackenblöcken bestehende Er-

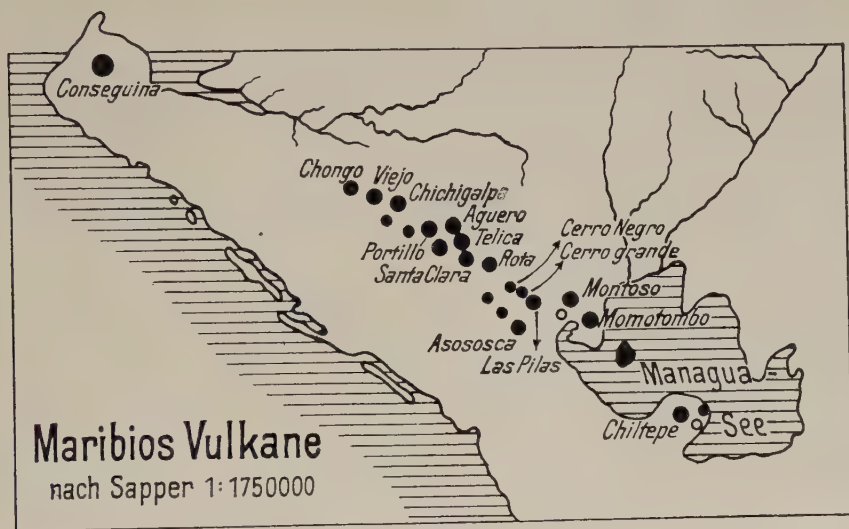


Abb. 28.

hebung, die Bocca der Lavaströme von 1850 und 1867, auch Vulkan Nuevo genannt. In gerader Linie folgen die drei Lapillikraterchen C, der Doppelberg D mit zwei dicht beieinander liegenden Kratern, der Cerro del Hoyo, 575 m, der Hauptberg der Reihe, mit einem Krater von 50 und 25 m Durchmesser und einem Bogen in 555 m Höhe. Die Spalte endet in einem kleinen 25 m hohen Lapillikegel F von 40—50 m Durchmesser. Ein gewaltiges Lavafeld dehnt sich vom Zwillingsvulkan nach Norden und Südwesten. Außerdem sind auf dem gemeinsamen Mantel noch einige Seitenkegel verteilt, La Gadilla und Cerro de Dagadiz im SO, die Kegel G und H im W, B im Norden.

Nur die zwei erwähnten Ausbrüche sind verbürgt. 1850 13. bis 22. April und 27. Mai ein Schlackenauswurf und Lavaerguß aus I, dann 1867 14. bis 30. Nov. Schlackenauswurf und Lava; nach Sapper hat dieser Lavaausbruch die vierte Größenordnung nicht überschritten, endlich 1914, 1923.



Gegen NW setzt der Vulkan Rota, 829 m, 12° 33' N.Br., 86° 46' 10" W.L., die Reihe fort. Auf seinem Südwesthang sitzt der parasitäre Krater El Cacao ca. 700 m auf, die Berge sind bereits von der Erosion stark angegriffen. Ein breiter vulkanischer Rücken ist die Loma del Liston, 900 m, 12° 36' 20" N.Br., 86° 50' W.L.

Der Vulkan Santa Clara (San Jacinto), 855 m (rel. 500 m), 12° 34' 36" N.Br., 86° 49' 30" W.L., besitzt einen regelmäßigen Kegel mit einem mäßig großen, schüsselförmigen Gipfelkrater. Oviedo stellt ihn im ersten Drittel des 16. Jahrhunderts rauchend dar. Ausbrüche sind nicht bekannt. Der angebliche Ausbruch 1898 ist unrichtig.

Es folgt der Telica, 1038 m (rel. 900 m), 12° 36' 4" N.Br., 86° 51' 20" W.L., er erscheint von W aus kegelförmig, von SW aus als Rücken. v. Seebach unterschied fünf ineinander geschachtelte Krater, von denen die beiden äußersten Umwallungen nur als Reste im Osten erhalten sind. Das Zentrum wurde W 5° S verschoben. Der eigentliche Gipfelkrater besteht aus zwei nahezu konzentrischen Becken. Das äußere, größere Becken ist etwas gegen ONO verlängert. Das letzte, jüngste Kraterbecken ist kreisrund mit einem Durchmesser von 400 m und 20 m tief mit steilen Wänden, an denen Lava- und Aschenlagen wechseln, es ist in das vierte Becken fast konzentrisch eingesenkt. Zu Oviedos Zeiten um 1529 war der Vulkan noch energisch tätig und förderte vorwiegend Asche. 1685 rauchte er, später weiß man nur von einer Fumarolentätigkeit zu berichten, die sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts steigerte.

Portillo (Loma de Lanza), ca. 648 m (rel. 550 m), 12° 37' N.Br., 86° 53' 12" W.L., ist erloschen. Der Krater ist stark zerstört, gegen W offen.

Chichigalpa, ca. 1373 m (rel. 1000 m), 12° 41' N.Br., 86° 58' W.L., ist nach Sapper ein Berg mit fünf Kratern. Von O—W V. alter Calderarand, IV. Ostkrater „La Casitas“, westlich davon der Kleine Krater III. Der Hauptwestkrater II ist kreisrund, 450 m Durchmesser, er ist der jüngste. Westlich davon der flache Krater I.

Am Südfuße liegen zwei kleine zum Teil zerstörte Kraterchen „La Hoya de los Bravos“ und „La Hoya del Zapote“. Die Ausbruchspunkte zeigen auch hier die Tendenz, nach W zu wandern. Ausbrüche sind nicht verbürgt. Sapper fand ihn in Fumarolentätigkeit.

Chinandega oder „El Viejo“, 1780 m (rel. 1700 m), 12° 42' 1" N.Br., 87° 1' 3" W.L., ist ein imposanter regelmäßiger Kegel mit kleinem Gipfelkrater und einem etwas exzentrisch eingesetzten zentralen Lapillikegel, im Atrium ein Lavafeld. Anfang des 16. Jahrhunderts war der Vulkan erheblich tätig. 1684 Juli, 1685 Aug., später zeigte er nur Fumarolentätigkeit. Erwähnt sei, daß nach dem Erdbeben am 29. April 1898 ein Netzwerk von Spalten sich auf der Westabdachung des Kegels bildete, das



Sapper für einen mißlungenen Ausbruchversuch deutete. Am Nord-  
abhang des Viejo sitzt der bereits stark zerstörte Cerro del Obraje,  
904 m,  $12^{\circ} 44' 15''$  N.Br.,  $86^{\circ} 59' 48''$  W.L., auf.

Der letzte der Maribiosvulkane ist der erloschene El Chonco (Choncle).  
1077 m,  $12^{\circ} 42'$  N.Br.,  $87^{\circ} 3' 30''$  W.L., über einem älteren zerstörten Unter-  
bau erhebt sich der eigentliche Kraterwall. Das Kraterbecken ist 500 m im  
Durchmesser und 50 m tief und mit Bäumen bewachsen. An seinem West-  
abhang erscheint ein parasitärer Vulkan La Teta, 600—700 m hoch.

Eine Sonderstellung an der Fonsecabai nimmt der durch seinen ge-  
waltigen Ausbruch von 1835 berühmte Vulkan Consequina, das Ende  
der Nicaraguareihe, ein. Der Consequina, 1158 m,  $12^{\circ} 58' 7''$  N.Br.,  $87^{\circ}$   
 $35' 11''$  W.L., ist ein Kegel von  $15$ — $25^{\circ}$  Böschung mit einem nahezu kreis-  
runden, im Durchmesser 1—1,5 km messenden, 400 m tiefen Krater, dessen  
Innenrand mit  $40$ — $50^{\circ}$  abfällt, er nimmt einen tiefgrünen See auf. Vor  
dem Ausbruch von 1835 war der Berg etwas höher und lief in eine rundlich  
gewölbte, bewaldete Kuppe aus. Ob ein Krater vorhanden war, weiß man  
nicht. Es ist auch sehr fraglich, ob der Berg vor diesem Jahre in historischer  
Zeit schon tätig war. Die beste Schilderung des Ausbruchs von 1835 ver-  
danken wir v. Seebach.

Ohne vorherige Anzeichen setzte der Ausbruch am 20. Jan. 1835  
6 Uhr 30 mit leichtem Aschenauswurf ein. Die weiße Pinienwolke wurde  
schnell dunkler und größer. Um 9 Uhr traten Erdstöße auf, vulkanische  
Nacht verhüllte die Umgebung. Der SO-Wind trieb die Asche bis  
Tegucigalpa in Honduras und San Salvador. Mit gleicher Furchtbarkeit  
hielt die Eruption in der Nacht und am folgenden Tage an, häufige Beben  
erschütterten den Boden. Am 21. gelangte die Asche bis nach der Stadt  
Guatemala.

In der Nacht vom 22./23. um 1 Uhr erreicht der Ausbruch seinen  
Höhepunkt. Ein furchtbarer Erdstoß mit einer Detonation von unglaublicher  
Stärke leitete einen der gewaltigsten vulkanischen Paroxysmen ein,  
deren sich Menschen erinnern können.

In einem Umkreis mit dem Radius von 465 km, in Costarica, in Dolores  
in Peten, in den Altos von Guatemala wurde der Stoß verspürt. Der Schall  
wurde in Oaxaca, Mexiko, auf Jamaika und in Santa Fé de Bogota gehört,  
das sind Entfernungen über 1700 km, die Asche fiel in einem Abstand von  
658 km vom Vulkan bei Socoltenago in Chiapas, ja selbst in Port Antonio  
an der Nordküste von Jamaika in 1354 km Entfernung. Nun ebte die  
Intensität des Ausbruchs schnell ab, am 27. hörte der Aschenregen auf,  
am 9. Febr. war der Vulkan noch in dichte Rauchwolken gehüllt, 15. Febr.  
rauchte er noch. Lava ist nicht geflossen, der Ausbruch ist unter die plinian-  
schen Eruptionen einzureihen. Um die Massen der Lockerprodukte, die der  
Vulkan gefördert hat, zu berechnen, fehlen leider genauere Unterlagen, so



gehen die Schätzungen weit auseinander. Réclus setzt 50 cbkm, Penck 150 cbkm an. Sicher zählt die Conseguaeruption zu den Ausbrüchen erster Ordnung mit einer Förderleistung von viel mehr als 1 cbkm. Seit dieser Zeit ist der Vulkan ruhig verblieben. Seine Laven stehen auf der Grenze zwischen Pyroxenandesit und Basalt.

### Vulkane der Fonsecaibai.

Politisch zu Honduras gehört die Vulkangruppe der Querreihe in der Fonsecaibai. *Sacate grande*, 720 m, 13° 20' N.Br., 87° 37' W.L., ist wohl ein stark zerstörtes Vulkangerüst. Spuren von parasitären Kratern finden sich auf der Nordabdachung, auf der kleinen Insel Güegüensi erhebt sich ein roter Schlackenkegel mit Krater. *Cerro del Tigre* (Amapala), 800 m, 13° 16' 2" N.Br., 87° 38' 45" W.L., läuft in den bewaldeten, abgestumpften Kegel aus, die SSW-Hälfte des Gipfelkraters *El Bramador* ist zerstört, auf seiner Westseite liegt in 120 m ein gut erhaltener Krater *Laguna secca*. Die Gesteine sind Basalte.

*Meanguera*, 506 m, ca. 13° 11" N.Br., 87° 43' 30" W.L., besitzt einen stark zerstörten Vulkan *Polco*, 500 m, mit Atrium und Ringwall. Der einzige noch tätige Vulkan ist der *Conchagüita*, 512 m, 13° 13' 30" N.Br., 87° 46' 30" W.L., seine Vulkangestalt ist durch Bergstürze stark verändert. Sapper vermerkt vom 12. Okt. 1892, 21 Uhr starke Erdstöße und Bergstürze und in Intervallen von 3 Minuten leichte Rauchwolken, zu einem wirklichen Ausbruch kam es jedoch nicht.

Die Gesteine der Vulkane der Bai sind Basalte.

Von der Fonsecaibai zweigt sich die Vulkanreihe von Salvador parallel zur Küste ab, nur wenige Kilometer nordwärts verschoben.

### c) Vulkane von San Salvador.

#### Hauptreihe.

Sie beginnt mit dem *Conchagua*, 1250 m, 13° 16' 27" N.Br., 87° 50' 8" W.L. Nach v. Seebach erheben sich über einer O 20 N streichenden Spalte drei größere Kegel und verfließen ineinander, so daß das ganze Gebilde von der Kegelgestalt stark abweicht. Der mittlere Kegel ist der älteste, es folgt der westliche Kegel *Cerro del Ocote* (Kiefernberg) mit einem 30 m tiefen Krater von 400 m Durchmesser, 1250 m (Sapper), 1236 m (Dollfuß und Montserrat), der östlichste ist der jüngste, der eigentliche *Conchagua* oder *Cerro de la Bandera*, 1170 m. Er besitzt statt des Kraters eine löffelartige Einsenkung. Der einzige historische Ausbruch fand am 19. Febr. 1868 nach einer Erdbebenserie auf der Südabdachung des *Cerro de la Bandera* in  $\frac{2}{3}$  Höhe statt. Blöcke und Asche stürzten in Intervallen von 30 Minuten herab. 23. Febr. 7 Uhr begann der Aschenauswurf.



Die Gesteine sind Andesite. Sapper sah 20 km nördlich vom Conchagua einen kleinen Kegel Mogote auf dem Festland, während der angebliche Vulkan Cerro Cacaguatique 1530 ein isolierter Andesitberg ist.

Einer der größten mittelamerikanischen Vulkane, der in historischer Zeit häufig tätig war und auch reichlich Lava förderte, ist der San Miguel (Bosotlan, Chaparastique), 2132 m (rel. 1900 m),  $13^{\circ} 25' 43''$  N. Br.,  $88^{\circ} 16' 29''$  W. L., nur im Westen sich an die salvadorische Küstenkordillere anlehnend, sonst frei, steigt der regelmäßige Kegel mit steiler werdender Profilkurve zum zackigen Gipfelkranz an, der einen mächtigen Krater umschließt. Zahlreiche, mächtige Lavaströme fließen an den Hängen herab und breiten sich in der Fußregion aus. Der Krater hat seit dem Besuch von Dollfuß und Montserrat 1866 wesentliche Veränderungen erfahren. Damals besaß er einen Durchmesser von 1000—1200 m und war 150 m tief, exzentrisch im SO befand sich ein innerer Kraterschacht, kreisrund, 800 m im Durchmesser und 320 m tief, der Sitz des aktiven Zentrums. Im ONO befand sich ein zweiter, erloschener, kreisrunder, 80 m tiefer Krater mit 100 m Durchmesser. Als Sapper 1897 den Berg bestieg, sah er die äußere Ringebene zu einer sichelförmigen Fläche zusammengeschrunpft, ihr südlicher Teil war auf konzentrischen Spalten in die Tiefe gestürzt. Derartige klaffende Spalten waren noch auf der NW-Seite parallel zum Kraterwall zu beobachten. Der Boden des großen Kraters war mit schwarzen Bomben und Lavafladen bedeckt. Dem Innenkrater entströmten starke Dämpfe, sie verhüllten die Sicht auf einen neuen zentralen Kegel. Aus dem Innenkrater war offenbar Lava ausgetreten, die in ihm einen Feuersee gebildet hatte. Die Fumarolen besaßen Temperaturen von  $72$ — $89^{\circ}$  und bestanden aus  $\text{SO}_2$ , Cl und Wasserdämpfen, Dollfuß und Montserrat fanden damals auch  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2$ .

Die Geschichte der Ausbrüche ist nach Sapper folgende: 1699, 1787 mit einem Lavastrom aus halber Höhe nach N am 21. bis 23. Sept. und aus drei südlichen Boccas nach Süden, 1811?, 1819 18. Juli mit Lavastrom, 1822 nach Mercalli?, 1844 Juli aus 14 Boccas, darunter ein großer Lavastrom aus der NW-Bocca in 1120 m. Mercalli erwähnt den Berg 1845, 1847 tätig, 1848 Lavaerguß, 1855 Dez. oder 1856 Lavaerguß auf der SW-Seite, 1857 nach Mercalli ein Ausbruch, 1862 Jan., 1867 14. Dez., starker Ausbruch mit Lava nach SW, 1868 16. Febr., gleichzeitig mit dem Conchagua erhöhte Tätigkeit, 1884 25. Jan. Schlackenausbruch und Lava im Innenkrater, 1891, 1919—1925.

Zusammenfassend sagt Sapper, daß der Vulkan durch häufige Lavaförderung, die im Jahrhundert die zweite Größenordnung erreichte, unter den mittelamerikanischen Vulkanen eine Sonderstellung einnimmt; seine Laven sind Basalte. Erwähnt sei noch ein Geysir bei dem Dorfe Carolina, der Wasser von  $80^{\circ} 4\frac{1}{2}$  m auswirft.



Es folgt der Chinameca, 1402 m (rel. 800 m),  $13^{\circ} 25' 42''$  N.Br.,  $88^{\circ} 16' 29''$  W.L., der durch einen riesigen Felskrater von 2 km Durchmesser ausgezeichnet ist, sein Boden liegt in 920 m. Das Gestein ist Andesit. Ein breiter mit Lapilli bedeckter Rücken verbindet ihn mit dem Limbo im Westen, ca. 1400 m (rel. 800 m), etwa  $13^{\circ} 27'$  N.Br.,  $88^{\circ} 21'$  W.L. Beide Vulkane bilden einen Doppelvulkan, der noch Fumarolentätigkeit aufweist. Durch die eingehende Schilderung von Dollfuß und Montserrat sind die „Infernillos von Chinameca“ Dampfexhalationen oder „Ausolen“ berühmt geworden. Am Nordwestfuß des Doppelvulkans zieht sich in 570 bis 720 m Höhe auf einer Fläche von mehr als 1 km Länge und 50 m Breite zu beiden Seiten eines kleinen Bergvorsprungs ein mit Schlammvulkanen und Dampfquellen besetzter Streifen. Als Sapper 1897 die Gegend besuchte, stieß die südlichste Dampfquelle „Boqueron“ Dampf aus, ihre Temperatur war  $97,3^{\circ}$ , sehr viel aktiver gegen früher waren die nördlichen Emanationsstellen, „Hervederos“ genannt. Sapper zeichnet auf seinem Kärtchen zehn solcher größeren Stellen ein. Die Wasserdämpfe sind mit Schwefelwasserstoff vermengt, um die Mündungen setzt sich Alaun ab.

Als Tecapagruppe nach dem noch schwach solfatarisch tätigen Tecapavulkan faßt Sapper eine Gruppe Geschwistervulkane der Querreihe zusammen. Es sind der Usulután, 1453 m (rel. 1200 m),  $13^{\circ} 24' 52''$  N.Br.,  $88^{\circ} 28' 39''$  W.L., Santa Elena, ca. 1080 m (rel. 700 m),  $13^{\circ} 25' 48''$  N.Br.,  $88^{\circ} 26' 47''$  W.L., der Jucuapa oder Cerro del Tigre, 1658 m,  $13^{\circ} 27' 41''$  N.Br.,  $88^{\circ} 25' 56''$  W.L.

Der Hauptvulkan ist der Tecapa, 1603 m (rel. 1100 m),  $13^{\circ} 29' 19''$  N.Br.,  $88^{\circ} 30' 26''$  W.L., in seinem Krater befindet sich exzentrisch gegen SO ein See und 400 m breiter Lavastrom. Seine Fumarolentätigkeit ist sehr schwach. Auf seiner östlichen Abdachung erhebt sich der Aschen- und Lapillivulkan Alegria, ca. 1450 m, noch weiter nach Osten folgt der schöne Lapilli- und Aschenvulkan Santiago Maria, ca. 1160 m. Vom Tecapa zweigt sich nach SW eine Nebenreihe, der kleine Vulkan Berlin, der langgestreckte, bewaldete Bergrücken Cerro Verde, 1555 m (rel. 1000 m),  $13^{\circ} 28' 12''$  N.Br.,  $88^{\circ} 31' 37''$  W.L., die Reihe endet im Taburete (Lehnssessel), 1171 m,  $13^{\circ} 25' 55''$  N.Br.,  $88^{\circ} 32' 22''$  W.L., seine Kraterumwallung ist im S wesentlich höher, daher die lehnsesselartige Form, eine Wirkung der herrschenden Nordwinde.

Die jüngsten Gebilde sind Algeria und Taburete, älter Tecapa und Santiago Maria, noch älter die übrigen.

Die Hauptreihe führt weiter zum San Vizente oder Chichontepec, der Berg der zwei Brüste, 2173 m (rel. 1800 m),  $13^{\circ} 35' 24''$  N.Br.,  $88^{\circ} 50' 31''$  W.L. Er steht auf der Küstenkordillere, sein östlicher Hauptgipfel besitzt in 1990 m einen wohl erhaltenen Krater, während der Krater des Westgipfels gegen Osten geöffnet ist. Die Angaben über Ausbrüche sind



nicht sichergestellt. Seine Tätigkeit beschränkt sich auf die Dampfemana-  
tionen der „Infernillos de San Vizente“. Diese Furmarolen, Dampfemana-  
tionen und Schlammvulkane treten längs einer N 15 W streichenden Spalte  
auf, sie sind wiederholt beschrieben worden. Unter den Gasen wurden  $H_2O$ ,  
 $H_2S$ ,  $CO_2N_2$ , O nachgewiesen. Schwefel- und Alaunausblühungen finden  
sich an den Rändern und Klüften.

Im N und NO des Vulkans gibt es noch eine Anzahl kleiner parasitärer  
Vulkankegelchen, es seien genannt El Teconal, ca. 750 m, Santa Rita,  
760 m, Volcan de Catarina oder Cerro Brujo, Cerro Grande.  
Die Laven des San Vizente sind andesitisch, die der Nebenvulkane basaltisch.

Der Vulkan Ilopango, 627 m, ca.  $13^{\circ} 40' N.$  Br.,  $89^{\circ} 3' W.$  L., ent-  
stand im Jahre 1880 inmitten des Ilopangosees. Der See mit seinem Spiegel  
in 427 m füllt ein fast quadratisches Einbruchsbecken in einem jung-  
eruptiven Rückengebirge aus und ist über 200 m tief. Die Gegend ist häufig  
der Schauplatz von Bebenserien. Die zur Vulkanneubildung führenden  
Bebenserien setzten am 24. Dez. 1879 ein, am 20. Jan. 1880 fand im See  
ein heftiger explosiver Ausbruch statt, der zwei aus agglomeratischen Laven  
zusammengesetzte Inseln hinterließ, Volcan de Tierra und Volcan de Piedra.  
Sapper taxierte die Lockerprodukte auf 4.—3. Größenordnung. 1884  
7. bis 9. Febr. und 13. März war in der Folgezeit noch schwache Tätigkeit  
beobachtet.

Amphibolandesitbimsstein und Hornblendeproxenandesit sind gefördert  
worden.

In der Umgebung der Hauptstadt steigt der reich bewaldete Vulkankegel  
San Salvador bis zu 1950 m empor,  $13^{\circ} 44' 16'' N.$  Br.  $89^{\circ} 15' 34'' W.$  L.  
Die Erosion hat tiefe Radialschluchten und Rippen in die Flanken ge-  
schnitten, auch die Spuren eines Gipfelkraters sind verwischt. Im SW lehnt  
sich der jüngere Vulkan Boquerón oder Vulkan von Quezaltepeque,  
1887 m (rel. 1200 m),  $13^{\circ} 43' 55'' N.$  Br.,  $89^{\circ} 17' 20'' W.$  L., an seine Flanke  
an. Ein riesiger, kreisförmiger Krater von  $1\frac{1}{2}$  km Durchmesser krönt seinen  
Gipfel, mit einem See N—S 400 m, O—W 350 m etwas exzentrisch.

Der Berg wird umgeben von zwei flachen Seitenkratern, auf dem  
SO-Hang in halber Höhe, auf dem N-Hang von zwei parasitären Vulkanen  
in 900—1000 m Höhe; ein schönes ovales Maar von Chanmico, O—W  
 $1\frac{1}{4}$  km, N—S 1 km, liegt in 490 m Höhe an seinem nordwestlichen Fuß,  
seine Umwallung beträgt 40 m.

Ein zweites Maar, Laguna von Cuscatlan (La Hoya) ist SSO vom  
Boquerón in Tuff- und Lapillischichten eines weiten Talkessels eingesenkt,  
es ist kreisrund mit einem Durchmesser von 700 m. Miniaturvulkane und  
Lapillikegel von guter Erhaltung sind in der Umgebung des Doppelvulkans  
San Salvador-Boquerón verstreut, genannt seien der 60 m hohe Aschenkegel,  
nördlich von Santa Tecla, drei kleine Vulkane, auf dem NW-Fuß; der eine



liegt 2 km N von Nejapa — er oder der Playon soll nach Dollfuß und Montserrat Anfang des 19. Jahrhunderts einen Ausbruch gehabt haben — der zweite ist der Vulkan El Realenco oder Chiquito, 617 m, der dritte El Playon, 690 m (rel. 140 m), ein Schlackenkegel liegt  $7\frac{1}{2}$  km weiter westlich, ihm wird der Ausbruch des Jahres 1659 30. Sept. zugeschrieben, der das El Playon genannte Malpais geschaffen hat. Einige Jahre später fand nach Jiminez noch ein starker Aschenausbruch statt. Die Gesteine der Parasiten sind basaltisch.

Auf dem westlichen Abhang des Boquerón fand nach Friedländer im Juni 1917 ein Lavaausbruch oberhalb der Plantage Las Granadillas statt. Am 6. Juni, 18 Uhr 55 setzten Erdstöße ein. Über eine Spalte von  $8\frac{1}{2}$  km Länge entstand eine Kette von 9—12 kleineren Kratern, sie zog sich von dem Hügel El Pino bis Los Chintos hin. Der am tiefsten gelegene Ausbruchspunkt El Tronador war am heftigsten tätig. Aus diesem und den anderen Kratern ergoß sich ein großer Lavastrom, der am 11. Juni 3—4 km vor der Laguna von Chanmico zum Stehen kam. Der Strom war 6—7 km lang, 2—3 km breit und erreichte in den tieferen Teilen Mächtigkeiten bis zu 50 m. Anfänglich war die Stromgeschwindigkeit so groß, daß Menschen nicht mehr entfliehen konnten. Sie mag als Fladenlava zuerst ausgeflossen sein. Die späteren Nachschübe bestanden aus Blocklava. Am 11. Juni rückte die Lava nach jeder Explosion des Tronadors 10—12 Zoll vor. Auch der Hauptkrater des Boquerón blieb nicht unberührt. Der Kratersee trocknete aus, auf seinem Boden entstand ein Einsturztrichter, dem in Intervallen von wenigen Minuten blumenkohlähnliche Dampf Wolken entstiegen. Das war der Zustand am 22. Juli.

### Die Izalcovulkane.

In der Nordwestecke der Republik Salvador drängen sich die Vulkane dicht zusammen, Vulkanverschwisterungen in der Längsrichtung. Die vulkanische Intensität erfährt hier eine besondere Steigerung. v. Seebach hat diese Gruppe als Izalcogruppe zusammengefaßt.

Der Doppelvulkan Santa-Ana-Izalco ist dadurch berühmt geworden, daß der Izalco als großer Parasit des Santa Ana im Jahre 1770 entstanden ist und in der kurzen Zeit seines Daseins mehr flüssige Lava als irgendein anderer mittelamerikanischer Vulkan geliefert hat.

Die Beschreibung mag von dem Hauptvulkan ihren Ausgang nehmen.

Der Santa Ana (Lamatepec), 2385 m (rel. 1800 m),  $13^{\circ} 50' 54''$  N.Br.,  $89^{\circ} 37' 53''$  W.L., ist ein breiter mächtiger Vulkankegel mit einer ausgesprochenen Neigung, seine Eruptionszentren zu verlegen. Deutlich lassen sich vier ineinander geschachtelte Kraterumwallungen erkennen. Der älteste Ringwall ist in einem Rest im Westen erhalten, ein zweiter halb-



kreisförmiger Wall trägt den Gipfel, ein flaches Atrium führt zum dritten ovalen Krater mit den Durchmessern 950 und 700 m und wird von einem flachen Kraterwall umschlossen. Das vierte, jüngste, tiefe Kraterloch liegt exzentrisch gegen SO und wird von einem gelbgrünen See erfüllt. Das aufbauende Gestein ist ein Pyroxenandesit. Zahlreich sind die parasitären vulkanischen Gebilde in der Umgebung des großen Vulkans. In 1000 m Höhe liegt auf der Ostabdachung die Loma Redonda mit einem von der Erosion etwas mitgenommenen Kraterchen von 15—20 m Höhe. Weiter im Osten ist das kreisrunde Maar von Coatepeque, 13° 51' 45" N.Br., 89° 33' W.L., eingesenkt. Ein 350 m hoher Wall umschließt einen runden, 120 m tiefen See von 5½ km Durchmesser in 730 m Meereshöhe. S vom Maar erblickt man eine dichtbewachsene vulkanische Erhebung, den Cerro Alto oder Tuixtepec, 950 m (rel. 140 m), ohne deutlichen Krater.

S vom Santa Ana erhebt sich der Doppelvulkan Cerro Chino, 1310 m und San Marcellino, 1285 m. Der erstere Gipfel läuft in einen waldbestandenen, 25 m tiefen Krater von 100 m Durchmesser aus, der andere zeigt einen flachen, zur Hälfte erhaltenen alten Krater, aus dem im Osten das Lavafeld von Teixcal entspringt, das im 17. Jahrhundert ausgeflossen ist. Es besteht aus basaltähnlichem Pyroxenandesit.

Der interessanteste Parasit des Santa Ana ist der Izalco, 1885 m (rel. 800 m), 13° 48' 30" N.Br., 89° 38' 7" W.L. Die erste Besteigung des Berges gelang 1865 v. Seebach, drei kleine NO—SW streichende Becken füllten den Krater aus.

1866 besuchten die beiden französischen Geologen Dollfuß und Montserrat den Berg. Das nordöstliche Becken war 12 m tief und besaß einen Durchmesser von 25 m, Fumarolen setzten schöne Schwefelkristalle ab. Das südwestliche Becken war nur 5—6 m tief und stürzt mit fast senkrechten Wänden ab; es war mit Blöcken, Schlacken und Sanden erfüllt. Der mittlere, trichterförmige, 80 m tiefe Hauptkrater des Vulkans führte zu einem viereckigen, gähnenden Schlund, aus dem in Abständen von ¼ Stunde Dampfmassen emporquollen. Die heißeste Fumarole besaß damals 400° und war vollkommen trocken, farblos und bestand aus HCl, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>. Blaue Fumarolen von 200—300° bestanden aus HCl, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, AsH<sub>3</sub>, weiße Fumarolen von 100° enthielten außer den genannten Gasen reichlich Wasserdampf. Mit fallender Temperatur ersetzt der Wasserdampf mehr und mehr die Salzsäure. 1903 bildete sich ein neuer Krater auf dem Osthang des Berges. Der Izalco hat Basalt gefördert.

Eine Einsattelung „Arenal“ trennt den Izalco vom Cerro Verde Cuilotal (Cerro del Chicote oder Madre del Volcan), 2067 m (rel. 1300 m), 13° 49' 20" N.Br., 89° 37' 30" W.L., er ist stark bewaldet und hat keinen gut erhaltenen Krater. Das Gestein ist ein olivin- und hypersthenführender Pyroxenandesit.



Die Ausbruchsgeschichte dieser Berge ist nach S a p p e r folgende:

Der Santa Ana war tätig 1520, 1524, 1570?, 1576. Alle diese Ausbrüche waren explosiver Natur. Es trat dann eine lange Ruhepause ein. Erst 1874 nahm der Vulkan seine Tätigkeit wieder auf. 1880 März, 1884 9. und 10. März, 1904 vom 12. Jan. ab. Die Ausbrüche bestanden in Aschen- und Bombenauswurf. Im 17. Jahrhundert floß, wie bereits erwähnt, das Lavafeld Teixcal aus dem Krater des San Marcellino aus. Im Coatepemaar beobachtete man im Juni 1902 eine Vergiftung der Fische durch  $\text{H}_2\text{S}$ .

Das bemerkenswerteste Ereignis aber war die Geburt des neuen Vulkans Izalco, der in der Folgezeit die ganze vulkanische Energie der Gegend zum Ausgleich brachte. Nach vorausgegangenem Beben und einer Steigerung der Fumarolentätigkeit schwoh nach den Berichten von Montessus de Ballore am 23. Febr. 1770 das Land an, die Dampfentwicklung steigerte sich unter starkem Getöse, ein Lavastrom von einer Meile ergoß sich gegen das Dorf Izalco. Nach demselben Autor trat der neue Vulkan 1770 in strombolianische Tätigkeit in Intervallen von 15—20 Minuten. 1783 ergoß sich bei Muxúa ein weiterer Lavastrom, ferner am 29. März 1793. In der Folgezeit blieb der Vulkan mit kurzen Intervallen explosiv tätig, es sind wohl lange nicht alle Ausbrüche aufgezeichnet worden. Größere Paroxysmen sind erwähnt 1798 April, 1802, 1803, 1805—1807, 1825, 1836, 1838, 1840, strombolianisch alle 5 Minuten; von den drei Kratern war nur einer tätig. 1842, 1844 Juni, Juli, mit großem Lavastrom nach S; im Oktober dieses Jahres strombolianisch mit einer Periode von 16 Minuten und 3 Sekunden, 1850 Schlackenauswurf alle 2 Minuten; ebenso 1854 Mai, alle 5—10 Minuten. 1856 24. bis 29. Mai und am 16. Aug. barst der Krater gegen den Santa Ana hin, zwei Tage später ergoß sich ein Lavastrom aus einer neuen Bocca auf der Südseite. 1859 strombolianisch alle 10—12 Minuten, 1860 6. bis 22. Jan. Lava gegen NW, 1863 Lava im S, 1864 Mai Lava nach NO, 1865 Febr. Aschenausbruch, 1866 Mai, 1867, 1868 16. Febr. Aschenausbrüche. 1869 10. April ein Lavastrom zur Quebrada des Español, 10 km lang, 84 m breit,  $5\frac{1}{2}$ —6 m hoch. 18. Juli Aschenausbruch mit drei Lavaströmen. 1872, 1873, 1878 19. März, 1879 25. Dez., 1883 Bildung eines neuen Seitenkraters. 1892 strombolianisch alle 5 Minuten, 1895 Febr. alle 15—20 Minuten, im Herbst alle 5 Minuten, 1897 Juni Explosionen in  $\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$  Stunden Abständen, 1898 Lava im SO, 1902 10. Mai, 25. Mai Explosionen aus dem Westkrater, 5. Sept. Lava aus dem Arenal; die strombolianische Tätigkeit hielt bis September an, ein Lavastrom floß aus, große Transversalspalten bildeten sich auf der Nordseite des Kegels und führten am 28. Sept. zu einem schluchtartigen Einbruch, der durch Schlacken- und Aschenausbrüche wieder ausgefüllt wurde. Bis in den Dezember hinein hielt diese Tätigkeit an. 1903 Nov. bildete sich ein neuer Krater auf der Ostseite. 1904 12. Jan. ein starker Ausbruch zugleich mit dem



Santa Ana, der die innige Abhängigkeit zwischen Mutter- und Tochtervulkan dartat. 1912 16. Jan. Bildung eines neuen Kraters im NO, der besonders am 13. März und 15. Sept. tätig war; 1913 13. März Auswurf von roter Asche, ferner 1916, 1920—1924, 1925, 1926 6. Nov. mit Glutwolken.

Die Hauptreihe von San Salvador führt vom Santa Ana weiter zum El Naranjo, 1984 m (rel. 800 m),  $13^{\circ} 51' 55''$  N.Br.,  $89^{\circ} 41' 27''$  W.L., einem waldbedeckten Berg mit 20 m tiefem ovalen Aschenkrater; Mala Cara, zweigipflig, 1902 m (rel. 1000 m), ca.  $13^{\circ} 55'$  N.Br.,  $89^{\circ} 39' 46''$  W.L.; Laguna de la Rena, mit Kratersee, 2012 m (rel. 1100 m), in  $13^{\circ} 53' 50''$  N.Br.,  $89^{\circ} 41' 40''$  W.L.; Vulkan Tamagés (Tamagastepec), 2059 m (rel. 1200 m), waldbedeckt  $13^{\circ} 53' 10''$  N.Br.,  $89^{\circ} 42' 12''$  W.L.; Volcan de las Agüilas, ein zweigipflig stark zerstörtes Vulkangerüst, 1995 und 1976 m,  $13^{\circ} 53' 45''$  N.Br.,  $89^{\circ} 43' 10''$  W.L.; Volcan de Cuyanausul oder San Juan, 1857 m (rel. 1000 m),  $13^{\circ} 53' 45''$  N.Br.,  $89^{\circ} 47' 15''$  W.L., mit zahlreichen Fumarolen und Ausoles in seiner Umgebung; Cuyotepe oder Volcan de la Savana, 1600 m (rel. 400 m), ein Hügel von Lockerprodukten mit Gipfelkrater, ca.  $13^{\circ} 50' 30''$  N.Br.,  $89^{\circ} 47' 15''$  W.L.; Laguna Verde, 1851 m (rel. 1000 m),  $13^{\circ} 53'$  N.Br.,  $89^{\circ} 47'$  W.L.; Volcan de la Lagunita, mit schönem alten Felskrater und ovalem Kratersee, 1781 m (rel. 900 m), ca.  $13^{\circ} 52' 30''$  N.Br.,  $89^{\circ} 48'$  W.L. und endlich zum Cerro grande de Apaneca, einem waldbedeckten Berggrat ohne Krater, ein stark zerstörtes basaltisches Vulkangerüst, 1854 m (rel. 1000 m),  $13^{\circ} 51' 10''$  N.Br.,  $89^{\circ} 48' 53''$  W.L.,  $\frac{3}{4}$  km O von Apaneca liegt der kleine Lapillikegel Cerrito de Apaneca, 1463 m (rel. 150 m).

Die westliche Ecke von San Salvador ist außerordentlich reich an Ausoles, postvulkanischen Manifestationen, die ihrem Charakter nach sehr wandelbar sind. Sie äußern sich nach ihrer Intensität oder periodisch nach der Jahreszeit als Dampfquellen oder Heißwasserquellen und Schlammvulkane. Den Wasserdämpfen sind  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  beigemischt. Besonders reich ist die Umgebung von Cuyanausul.

Die Fortsetzung der Izalcovulkangruppe bildet der Vulkan Moyuta, ein von der Erosion bereits stark mitgenommener Berg, jedoch mit noch erkennbarem Krater. 1684 m (rel. 800 m),  $14^{\circ} 1' 23''$  N.Br.,  $90^{\circ} 5' 40''$  W.L., es folgt der Tecuamburro, ein stark zerstörtes Vulkangerüst, von der ehemals hufeisenförmigen Kraterumwallung sind einzelne Gratzinken übrig geblieben, die beiden höchsten sind von der interkontinentalen Eisenbahnkommission eingemessen worden: 1946 m in  $14^{\circ} 9' 4''$  N.Br.,  $90^{\circ} 26' 25''$  W.L., 1849 m, in  $14^{\circ} 9'$  N.Br.,  $90^{\circ} 24' 27''$  W.L.

Im Azufra, der kraterförmigen Vertiefung, findet sich eine Solfatara von  $82^{\circ}$ — $94^{\circ}$ , der benachbarte See von Ixpaco ist durch Schwefelmilch weiß und zeigt zahlreiche Fumarolen an seinem Ufer.



Die letzten Ausläufer der Reihe sind Cerro Raxon, 1500 m, 14° 10' N.Br., 90° 28' W.L. und Cerro de la Gavia, 1500 m, ca. 14° 12' N.Br., 90° 28' W.L., sie sind nicht näher untersucht, ihre vulkanische Natur noch nicht ganz sichergestellt.

### Binnenvulkane von West-San Salvador.

Unter einem spitzen Winkel zweigt sich landeinwärts die Nebenreihe der Binnenvulkane Cojutepeque—Guazapa—Jalapa ab. Die Reihe ist völlig erloschen, keine historischen Ausbrüche sind bekannt, auch zeigen sie nirgends Spuren von Fumarolentätigkeit mehr. Die Vulkane erster Ordnung sind stärker zerstört, doch sind die kleineren Begleitvulkane oft noch sehr gut erhalten. Sie haben auch Lavaströme beträchtlicher Größe geliefert. Die Zeit der letzten Ausbrüche kann also noch nicht sehr weit zurückliegen. Danach ist die Nebenreihe wesentlich älter als die Hauptreihe. Die geförderten Laven sind fast ausschließlich Basalte.

Die Reihe beginnt mit dem Cojutepeque (Perlapam), 1021 m (rel. 130 m), 13° 48' N.Br., 88° 52' W.L., die Umwallung des kreisrunden Kraters von 220 m Durchmesser ist im O völlig zerstört, im W und NW sieht man Reste alter Lavaströme. 9 km NO erhebt sich ein kleiner Kegel Cerro Colorado, 830 m (110 m), mit einem Krater, der bis auf die NO-Umwallung unversehrt ist. Tecomatepe, 1006 m (rel. 400 m), 13° 53' 39" N.Br., 89° 7' 1" W.L., besitzt keinen Krater mehr. Macanzi, 778 m (rel. 80 m), weist einen nach N geöffneten Krater mit den Durchmessern N—S 150 m, W—O 100 m auf. Bis auf das Gerüst von sternförmigen Graten ist der Guazapa, 1410 m (rel. 800 m), 13° 53' 39" N.Br., 89° 7' 1" W.L., zerstört. Capullo, 1123 m, 14° 9' 9" N.Br., 89° 22' 57" W.L., ist gleichfalls ein Vulkangerüst. Zwischen diesen beiden letzten Vulkanen sah Sapper noch einen kleinen, 200 m hohen Kegel.

Östlich vom Güijasee steigt der Vulkan San Diego, 820 m (rel. 320 m), 14° 17' 30" N.Br., 89° 28' W.L., als regelmäßiger Kegel auf, er wächst aus einem niedrigen Kegel mit weitem Krater hervor, der alte Ringwall erreicht 740 m. Im Gipfelkrater des zentralen Kegels hat sich in einer jüngsten Phase das Eruptionszentrum exzentrisch gegen SO verschoben und den heutigen Hauptkrater gebildet, dessen Boden mit Lavablöcken bedeckt ist. Acht Nebenvulkane begleiten den Berg; der größte ist der 100 m hohe Zacuapa und der Vulkan Desagüe von idealer Formvollendung. Der San Diego hat gewaltige Lavaströme gefördert, die anscheinend den Güijasee abgedämmt haben.

Ein großer Vulkan ist der Suchitan oder Santa Catarina Mita, 2040 m (rel. 1200 m), 14° 23' 26" N.Br., 89° 46' 57" W.L., er trägt einen Felskrater, der im NNO durch einen Barranco aufgerissen ist und ist



vollständig mit Urwald bedeckt. Gut erhalten ist ein roter Schlackenkegel auf seinem Nordhang. Westlich vom Vulkan liegt ein riesiges Maar, die *Laguna de Retana*, nahezu kreisrund von  $2\frac{1}{2}$  km Durchmesser; der Boden liegt in 1060 m Seehöhe und ist mit andesitischen Lapilli bedeckt. Nach 1850 und in 1890 m trocknete der See vollständig aus. Im S und SO des Vulkans finden sich kleinere Schlackenkegelchen. Ein mächtiger alter Vulkan ist der *Tahualca*, 1700 m (rel. 700 m),  $14^{\circ} 27' \text{ N. Br.}$ ,  $89^{\circ} 54' \text{ W. L.}$  Sein Krater ist stark zerstört und gegen O und ONO offen, Lava ist nach O abgeflossen. In seinen Nordfuß ist die *Laguna del Hoyo*, 1000 m, ein grüner Kratersee, umgeben von 10 m hoher Umwallung, eingesenkt.

Die Reihe endet im *Jalapa (Jumay, Imay)*, ca. 2160 m (rel. 800 m). Der große Vulkan erhebt sich über der Hochebene von Jalapa. Sein Krater ist verschwunden, zwei Barrancos schneiden die amphitheatralische Gipfebene an. Mächtige Lavaströme breiten sich nach S und SW aus. Auf seinem SS-Fuß liegt noch ein wohl erhaltener Seitenkrater von 130 m Länge in ONO und 100 m Breite, auf dem S-Fuß sieht man eine mit Blöcken übersäte, basaltische Staukuppe.

Über 25 km vom Jalapa entfernt entdeckte Sapper auf der Kordillere von Guatemala an mehreren Punkten frische Basaltströme, so bei El Florido, zwischen Sanarate und dem Rio Montagua. Sie ruhen auf wohl kretazäischen Kalksteinen auf und können mit keinem Zentralvulkan in Verbindung gebracht werden. Bei Paencia und Navaja fand er ferner vereinzelte Obsidianvorkommen.

Mit dem *Chingo*, 1783 m (rel. 1000 m),  $14^{\circ} 6' 44'' \text{ N. Br.}$ ,  $89^{\circ} 43' 41'' \text{ W. L.}$ , ist die Grenze zwischen San Salvador und Guatemala erreicht. Der Berg ist ein regelmäßiger Kegel mit ovalem O—W gerichteten Krater, das Gestein ist ein andesitischer Basalt. In Südostguatemala ist die Zahl der Vulkane kleinerer Dimensionen groß, so daß sich die Aufzählung nur auf die größeren Bauten beschränken muß. Sie gruppieren sich besonders dicht gedrängt um den Güija- und Ayarzasee, meist wohlerhaltene Schlackenkegel mit basaltischen Lavaströmen.

*Iztepece*, 1320 m (rel. 550 m),  $14^{\circ} 26' \text{ N. Br.}$ ,  $89^{\circ} 41' 30'' \text{ W. L.}$ , ist durch seine Obsidianströme bemerkenswert. Basaltischer Natur ist der Vulkan von *Ipala*, 1670 m (rel. 800 m),  $14^{\circ} 34' \text{ N. Br.}$ ,  $89^{\circ} 40' \text{ W. L.}$

Vulkan *Flores*, 1810 m (rel. 500 m),  $14^{\circ} 17' 58'' \text{ N. Br.}$ ,  $89^{\circ} 59' 50'' \text{ W. L.}$ , ist gleichfalls ein Basaltvulkan, desgleichen sein Nachbar, der Lavavulkan *Jumay* bei Santa Rosa, 1598 m (rel. 500 m),  $14^{\circ} 17' 58'' \text{ N. Br.}$ ,  $89^{\circ} 59' 53'' \text{ W. L.}$

In diese Kategorie gehören endlich noch die Vulkane von Barbarena, der *Sumasate*, 1322 m, der *Cerro Redondo*, 1267 m und der *Cerro Alto*, 1600 m.



## Guatemalareihe.

Die Reihe der großen Vulkane, welche dem pazifischen Abbruch des Hochlandes in Guatemala folgen und in zwei um 15 km gegeneinander verschobene Längsreihen angeordnet sind, eröffnet in Guatemala der *Pacaya* (Pecul), 2544 m (rel. 1600 m),  $14^{\circ} 22' 28''$  N.Br.,  $90^{\circ} 36' 3''$  W.L. Mit ihm beginnt eine Zone, in der die Tätigkeit des ganzen Bogens konzentriert erscheint. Der Vulkan ist ein kompliziertes Gebilde. Im Norden erkannte v. Seebach die Reste eines alten Vulkans mit gut erhaltenem Doppelkrater und mit Fumarolentätigkeit.

Die südliche Hälfte des Pacayamassivs besteht wieder aus zwei Teilen, dem älteren Cerro Grande im Osten und dem jüngeren Kraterwallsegment im Westen, fast kreisrund, mit einem Durchmesser von 1300 m. Auf dem Rande und innerhalb desselben finden sich die aktiven Ausbruchsstellen. Die Gesteine des Pacaya sind olivinführende Pyroxenandesite, die sich in den höheren Zonen den Basalten nähern. In der älteren Nordhälfte scheinen auch saure Gesteine, Rhyolithe, nach Sapper eine Rolle zu spielen. Der Pacaya gehört zu den tätigsten Vulkanen der ganzen Reihe, der zum Fuego in Wechselbeziehung steht. Ausbrüche sind vermeldet: 1565, 1651 18. Febr., 1664, 1668, 1671 Aug., 1674 Juli, 1690, 1775 11. Juli, 1846. Die Ausbrüche bestanden in einer erhöhten solfatarischen Tätigkeit und Aschenausbrüchen gelegentlich mit Schlackenförderung. Mit dem Entstehen des Izalco hörte die Tätigkeit beider Vulkane fast auf, die im 16. und 17. Jahrhundert eine so lebhaftige Tätigkeit entwickelt hatten.

Der regelmäßige Kegel des *Agua*, 3752 m (rel. 2600 m),  $14^{\circ} 27' 29''$  N.Br.,  $90^{\circ} 44' 33''$  W.L., hat in historischer Zeit keine Tätigkeit entwickelt. Ein Schlammstrom, durch Regenfall bedingt, vernichtete am 10. Sept. 1541 die alte Hauptstadt des Landes.

Der größte Vulkan von Guatemala ist der *Fuego*, 3835 m (rel. 2700 m),  $14^{\circ} 28' 3''$  N.Br.,  $90^{\circ} 52' 48''$  W.L. Der Hauptkrater ist 600 m in die Südabdachung eingesenkt. Ausbrüche: 1524, 1576, 1581 27. Dez., 1582 14. Jan., 1585 Juli bis Dez., 1614, 1623 Jan., 1629—1632, 1685 Sept.?, 1686, 1699, 1705 1. bis 2. Febr., 1706 4. Okt., 1710 15. Okt., 1717 27. Aug., 1732 27. Aug., 1732 Mai, 1737 27. Aug., 1799, 1829, 1855 29. Sept., 1856 9. Jan., 1857 15. Jan., 16. und 17. Febr., mit Lavaerguß. 1860 Aug., Sept., 1880 29. Juni bis 20. Aug., vielleicht mit Lavaströmen. Die Ausbrüche tragen den Charakter von Aschenausbrüchen, eine Lavaförderung ist nur aus dem Jahre 1857 mit Sicherheit festgestellt. Der Fuego lehnt sich im Norden an die ältere Vulkanruine der Meseta, 3600 m, an. Mit dieser steht der nächste Vulkan der *Acatenango*, 3950 m (rel. 2400 m),  $14^{\circ} 29' 39''$  N.Br.,  $90^{\circ} 52' 30''$  W.L., durch eine tiefe Einschartung in Verbindung. Der Berg besitzt zwei Gipfel Pico Mayor und Chico.



Seine letzten größeren Ausbrüche liegen in der vorspanischen Zeit, erst in allerjüngster Zeit erwachte er zu einer nicht sehr bedeutenden Förderung von Lockerprodukten 1924 Dez. bis 1927 (Sapper). Das Gestein ist Pyroxenandesit. Die Fuego-Acatenango-Querreihe ist das markanteste Beispiel von Vulkanverschwisterungen.

Eine senkrechte Querreihe bilden ferner die drei Atitlanvulkane. Die Tätigkeit beschränkt sich auf den südlichsten, dem Meere am nächsten gelegenen großen Atitlanvulkan, 3525 m (rel. 2400 m),  $14^{\circ} 34' 32''$  N.Br.,  $91^{\circ} 11' 5''$  W.L. Aus einem älteren, stark zerschnittenen Unterbau wächst ein jüngerer Aufschüttungskegel mit Gipfelkrater empor. Ausbrüche: 1469, 1717—1721, 1826 Sept., 1827, 1828, 1833, 1843?, 1853, 1856?. Die Tätigkeit beschränkt sich auf die Förderung von Lockerprodukten und spielte sich im wesentlichen in drei Perioden ab. Der mittlere Vulkan läßt Überreste von Kraterwällen erkennen, der nördliche ist der T o l i m a n, 3153 m (rel. 1900 m),  $14^{\circ} 36' 19''$  N.Br.,  $91^{\circ} 11' 13''$  W.L., die kraterlose Quellkuppe des Cerrito de Oro schließt die Reihe ab.

Es folgt in der Hauptreihe die pyroxenandesitische Vulkanruine San Pedro de la Laguna, 3024 m (rel. 1500 m),  $14^{\circ} 38' 55''$  N.Br.,  $91^{\circ} 15' 30''$  W.L., dann Zuñil, 3553 m (rel. 1600 m),  $14^{\circ} 42' 13''$  N.Br.,  $91^{\circ} 28' 37''$  W.L., mit einem Gipfelkrater in Feldspatbasalt, 1855 erhöhte Fumarolentätigkeit. Diese beiden Vulkane liegen mit dem Cerro Santo Tomas, 3551 m, auf einer Querreihe.

Einen Zwillingsvulkan bilden Santa Maria und Cerro Quemada und mit dem Vulkan Chiquito zusammen eine Querreihe zur Zuñilreihe.

Santa Maria, 3768 m (rel. 2200 m),  $14^{\circ} 44' 56''$  N.Br.,  $91^{\circ} 32' 55''$  W.L., baut auf dem Rande des Hochlandes einen prachtvollen Kegel auf, der als erloschen galt und mit einem dichten Waldkleid verhüllt war. Die gewaltige Ascheneruption vom 24./25. Okt. 1902 setzte völlig unerwartet ein. Nach Sappers Schätzungen betrug die Förderung an Lockerprodukten 5,5 cbkm, bis nach Chiapas hinein reichten die Verwüstungen des Ausbruchs, der der bedeutendste historische in Guatemala war. Er schuf auf der SSW-Abdachung einen O—W gerichteten elliptischen Krater vom 1 km Länge und 200—250 m Tiefe. Die Explosionen dauerten bis in das Jahr 1903 hinein fort und noch bis 1906 verharrte der neugebildete Kratersee in Geysirtätigkeit. Die Auswürflinge bestanden aus biotitführendem Hornblendehypersthenandesit wie beim Cerro Quemada. Eine neue Ausbruchperiode begann mit dem Sommer 1922, sie führte zur Bildung einer Staukuppe und Felsnadel vom Juni 1924 ab. Bis 1925 dauerte das Höhenwachstum, 1926 bildete sich ein neuer Staukegel. Dieser Ausbruch wiederholte, wenn auch in kleinerem Maßstabe, die Ausbrucherscheinungen des Mt. Pelé, auch die absteigenden Glutwolken fehlten hierbei nicht, die dreimal einwandfrei festgestellt werden konnten.



Der Zwillingsbruder Cerro Quemada oder Vulkan von Quetzaltenango, 3179 m (rel. 1250 m),  $14^{\circ} 47' 22''$  N.Br.;  $91^{\circ} 30' 56''$  W. L., endet in eine Staukuppe aus fester Lava von Hornblendeglimmerhypersthenandesit.

| S. 502    |               | L     | M    | C     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt |
|-----------|---------------|-------|------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|----|
| Bimsstein | Cerro Quemada | 59,76 | 9,90 | 30,34 | 5,13 | 4,51 | 1,23             | 2,53 | -0,68 | 2,42 | —  |

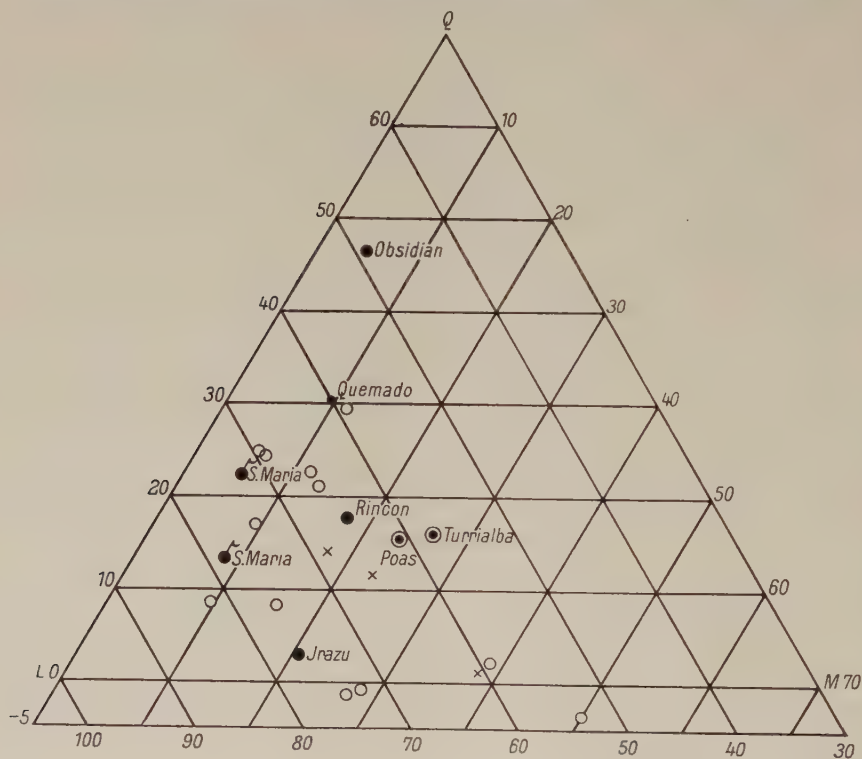


Abb. 29. Laven von Panama, Costarica, Guatemala.  
 ○ Miozäne Andesite, Panama; ● junge Vulkane Costaricas usw.; × oligozäne Diorite, Panama;  
 ⊙ Dolorite, Costarica; ● Dazit des Cerro Quemado; ♣ altes Material gefördert vom S. Maria.

Der einzige Ausbruch fand 1785 statt. Auf dem Südrande des Hochlandes sitzt der erloschene Hornblendeproxenandesitvulkan Siete Orejas, 3361 m (rel. 1500 m),  $14^{\circ} 48' 58''$  N.Br.,  $91^{\circ} 35' 15''$  W. L., auf, desgleichen der Chicaval, ca. 2830 m (rel. 600 m), ca.  $14^{\circ} 30'$  N.Br.,  $91^{\circ} 37' 30''$  W. L., während der Lacandon, 2748 m (rel. 1500 m),  $14^{\circ} 48' 35''$  N.Br.,  $91^{\circ} 42' 50''$  W. L., unmittelbar aus der Küstenebene aufsteigt.

Auf der Hochebene erhebt sich bei San Antonio, ein kleiner, 150 m hoher Kegel aus Lockermassen; Pyroxenandesit und Obsidian sind aus dieser Gegend bekannt geworden. Zweigipflig ist der Tajumulco, 4210 m (rel. 2400 m),  $15^{\circ} 2' 2''$  N.Br.,  $91^{\circ} 54' 2''$  W. L. Er soll im 19. Jahrhundert mehr-



## Übersicht.

|                     | Zahl der Vulkan-einheiten | Erlöschten |     | Solfatarisch tätig |     | Explosiv tätig |     | Effusiv tätig |     | Reihungs-dichte nach Sapper | Frequenz 1801—1914 nach Sapper | Bemerkungen |   |
|---------------------|---------------------------|------------|-----|--------------------|-----|----------------|-----|---------------|-----|-----------------------------|--------------------------------|-------------|---|
| Costarica           | 11                        | 5          | 45% | 1                  | 10% | 5              | 45% | 0             | 0   | 1 : 50                      | 11                             | (13)        | Seit 1700 keine Lava, wenig Lockerprod.       |
| Nicaragua, Honduras | 36                        | 27         | 75% | 2                  | 6%  | 3              | 8%  | 4             | 11% | 1 : 45                      | 20                             |             | Seit 1700 0,1 cbkm Lava, 51 cbkm Lockermassen |
| San Salvador        | 59                        | 50         | 85% | 2                  | 3%  | 3              | 5%  | 4             | 7%  | 1 : 35                      | 150                            |             | Seit 1500 0,5 cbkm Lava, 7 cbkm Lockermassen  |
| Guatemala           | 23                        | 15         | 65% | 3                  | 13% | 3              | 13% | 2             | 9%  |                             |                                |             |   |
| Sa.                 | 129                       | 97         | 75% | 8                  | 6%  | 14             | 11% | 10            | 8%  |                             |                                |             |   |

## Laven des pazifischen Randes Zentralamerikas.

| S. 502                      | L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |                          |
|-----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|----------------|------|-------|------|------|--------------------------|
| Bimsstein                   | 59,76 | 9,90  | 30,34 | 5,13 | 4,51  | 1,23           | 2,53 | —0,68 | 2,42 | —    | Recent?                  |
| Bimsstein                   | 72,35 | 5,26  | 22,39 | 6,86 | 3,81  | 2,12           | 1,54 | 0,70  | 1,09 | —    | Eruption 25. X. 1902     |
| Bimsstein                   | 77,88 | 8,18  | 13,94 | 6,23 | 7,01  | 0,83           | 2,01 | 0,03  | 0,42 | 3,26 | Eruption 25. X. 1902     |
| Andesit                     | 76,60 | 20,14 | 3,26  | 5,76 | 7,63  | 1,74           | 4,31 | 0,99  | 4,77 | —    | Recent                   |
| Dolerit                     | 57,23 | 26,58 | 16,19 | 1,59 | 10,78 | 0,00           | 7,94 | —1,39 | 5,35 | —    | bis                      |
| Dolerit                     | 61,02 | 23,36 | 15,62 | 1,79 | 11,38 | 0,00           | 7,60 | —1,18 | 4,08 | —    | Quartär                  |
| Hornblende-<br>augitandesit | 64,44 | 17,72 | 17,84 | 4,56 | 6,99  | 0,94           | 4,21 | 0,01  | 4,64 | —    |                          |
| Obsidian                    | 48,45 | 4,64  | 46,91 | 4,87 | 1,75  | 0,82           | 1,35 | —2,49 | 0,97 | —    | Panamaformation (Miozän) |



fach solfatarisch tätig gewesen sein. Sein Gestein ist ein Hornblende-  
pyroxen-andesit.

Mit dem Geschwistervulkan Tacaná oder Vulkan von Soconusco, 4064 m (rel. 2200 m), schließt die Reihe. Ein riesiger, regelmäßiger Kegel steigt unmittelbar aus der Küstenebene empor. Die Spuren von drei Sommarändern lassen sich erkennen. Der Endkegel ist ein Staukegel von Hornblende-hypersthenandesit. Der Vulkan rauchte am 11. Jan. 1855.

Noch zu Zentralamerika zu rechnen ist die erloschene Vulkangruppe von San Christobal im zentralen Chiapas.

Die Brüche haben sich infolge der Senkung des Landes zur Zeit der pliozän-pleistozänen Orogenese gebildet. Die Vulkane, wie San Christobal, San Bartolomé, Zontehuiz, 2858 m, Hueltepec, 2760 m, am Rande der Senke, La Mispilla, San Bartolomé de los Llanos, stammen aus dieser Zeit und sind durch die Erosion bereits stark mitgenommen. Ihre Laven sind Basalte und Hornblendeandesite.

Das Dreieck gibt die Projektionsorte der Laven an. Die miozänen Panamagesteine sind relativ leukokrat,  $L = 75$  bis  $65$ , reich an  $\text{Na}_2\text{O}$  und arm an  $\text{MgO}$ . Im übrigen reicht das Material zu einem abschließenden Bild nicht aus.

### 3. Der atlantische Rand Zentralamerikas.

#### Der Antillenbogen.

(Karte Tafel II)

Der Vulkanbogen der Kleinen Antillen ist gegen den Atlantischen Ozean konvex und beginnt mit der Insel Grenada. Über einem oligozänen bis miozänen durchaus vulkanischen Unterbau von Andesiten, Basalten — dabei auch nephelinführende Gesteine — mit ihren Tuffen und Konglomeraten legen sich jüngere Lavaströme und Vulkanbauten, die aber nur noch undeutlich Kraterspuren erkennen lassen. Bis auf Kohlensäure und Schwefelquellen von  $44,4^\circ$  ist jede Tätigkeit erloschen. Sapper stellte folgende Ausbruchspunkte fest: Mt. Sinai, 701 m,  $12^\circ 4' 30''$  N. Br.,  $61^\circ 41' 30''$  W. L., Mt. Pond, mit dem Grand Etang, Kratersee in 550 m?, Mt. Cathérine, 835 m,  $12^\circ 9' 48''$  N. Br., am Nordostrand der Insel Lake Antoine, der einzige unzweifelhafte Krater, 95 m, endlich der kleine Lapillkrater von 200 m Durchmesser, Punch Bowl, 255 m. Folgende Zusammensetzung zeigen die Grenadalaven, die aus dem Rahmen der übrigen Antillenprovinz herausfallen:

|   |                 |         | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|---|-----------------|---------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|
| 1 | Nephelinbasalt  | Grenada | 40,96 | 81,74 | -22,70 | 3,64 | 2,96 | 0,43             | 21,67 | 11,55 | 5,98 | 3,34 |
| 2 | Nephelinbasanit | "       | 58,92 | 68,14 | -27,06 | 6,51 | 1,71 | 0,63             | 12,39 | 13,97 | 7,21 | 1,00 |
| 4 | Andesit         | "       | 60,96 | 35,52 | 3,52   | 6,14 | 2,96 | 0,53             | 6,53  | 6,94  | 2,64 | 3,30 |
| 3 | Andesit         | "       | 57,52 | 22,10 | 20,38  | 5,46 | 3,46 | 0,87             | 2,93  | 3,66  | 3,06 | 2,80 |



Erloschen sind die Grenadines-Inseln; der höchste Peak ist Carriacou Point, 299 m,  $12^{\circ} 29' 30''$  N.Br.,  $61^{\circ} 26' 30''$  W.L.

Erst mit St. Vincent beginnt der tätige Bogen. Das Rückgrat dieser Insel bilden von S nach N Grand Bonhomme, 973 m, mit Resten eines Kraters, der stark zerstörte Stratovulkan Morne Garu, 1079 m, und am Nordende der Somnavulkan der Soufrière von St. Vincent,  $13^{\circ} 19' 40''$  N.Br.,  $61^{\circ} 11' 25''$  W.L. Der Sommarand steigt bis zu 1234 m, er umschließt einen regelmäßigen Kegel, 1120 m, der in den alten Krater



Abb. 30. Karte von St. Vincent nach Sapper.

von 1320 m Durchmesser ausläuft. NO von ihm entstand 1812 in 1000 m Höhe ein neuer Krater von 340 m Durchmesser.

Ausbrüche: 1718 6. bis 7. März, 1812 27. April bis 1. Mai, war der schwerste Ausbruch mit absteigenden Glutwolken, 1814 9. Jan., 1902 6. Mai. Dieser letzte große Ausbruch begann mit der Entleerung des Kratersees, eine verheerende Glutwolke tötete 1600 Menschen. Explosionen folgten am 14./15. Okt. und noch am 21. bis 30. Mai 1903. Die Lockermassen schätzte Sapper über 1 cbkm, also mehr als Martinique geliefert hat. Zu einer Dom-bildung kam es nicht.

In dem Meeresraum zwischen St. Vincent und Barbados sind submarine Ausbrüche zu verzeichnen, ohne daß die Ausbruchspunkte genauer bekannt wären, so 1831 Aug., 1907 1./2. Mai.



| S. 504 |                      | St. Vincent                           | L     | M     |
|--------|----------------------|---------------------------------------|-------|-------|
| 11     | Glasige Bombe        | La Soufrière 1902                     | 65,20 | 35,16 |
| 14     | Andesitasche         | Gef. auf Barbados 1902                | 63,48 | 31,86 |
| 12     | Andesitbimsstein     | Soufrière 1902                        | 64,00 | 24,84 |
| 13     | Andesitasche         | Langley Park, St. Vincent 1902        | 64,92 | 23,88 |
| 15     | Andesitasche         | 11° 21' N.Br., 57° 47' W.L. 7.V. 1902 | 68,92 | 13,78 |
| 10     | Hypersthenlabradorit | Somma der Soufrière                   | 63,24 | 29,14 |
| 9      | Basalt               | Chateaubelair                         | 55,88 | 47,04 |
| 7      | Dioriteinschluß      | Chateaubelair                         | 66,56 | 34,22 |
| 8      | Troktolitheinschluß  | St. Vincent                           | 91,48 | 9,30  |

Die Insel Santa Lucia befindet sich in einem reiferen Entwicklungsstadium. Im Inneren erstreckt sich ein zentraler Rücken aus jungen Eruptivgesteinen, an den Rändern treten Konglomerate und Tuffe heraus, Strandterrassen erreichen 30—40 m Höhe. Von S nach N folgen Mt. Gimie (Piton Canarie), 959 m, Grand Magasin, 645 m, die Sulphur Hot Springs (Soufrière), ein Solfatarenfeld, 340 m, an diese Stelle wird der Ausbruch des Vulkans Qualibou, 1766 m, hinverlegt, endlich Groß-Piton, 798 m, mit Resten eines alten Kraters.

Die Insel besitzt keinen jungen Stratovulkan, dagegen erfolgte 8 km westlich von Port Castries am 9. und 10. Mai 1902 ein submariner Ausbruch.

### Martinique.

Der Ausbruch der Montagne Pelée, 14° 48' 50" N.Br., 61° 10' 12" W.L., am 8. Mai 1902 mit seinen ganz besonderen Begleitumständen hat die Insel berühmt gemacht. Zum ersten Male konnte ein besonderer Ausbruchstypus, der peleanische Typus, genau studiert werden. Wir verdanken der großen Monographie von Lacroix eine meisterhafte Schilderung dieses bemerkenswerten Ausbruchs.

Die Insel ist eigentlich eine Doppelinsel, verbunden durch den Isthmus von Fort de France und Havre de Robert. Die Grenze der beiden geologisch ungleichen Hälften verläuft dem Rivière Lazard entlang bis W von Trinity. Die jüngere und höhere Westhälfte umfaßt das Massiv des Piton du Carbet, 1207—1161 m, und der Montagne Pelée, 1351 m, ein regelmäßiger Kegel mit einer Basis von 11—15 km Durchmesser, ein Vulkan von der Größenordnung des Vesuvs. Sein Gipfelplateau, in das die alte Caldera „Etang sec“ eingeschnitten ist, trägt einen See, Lac des Palmistes.

Die ältere, weniger hohe und stärker zertalte Osthälfte besitzt eine NW



Abb. 31. Santa Lucia nach Sapper.



| Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |   |
|-------|------|-------|------------------|-------|-------|------|------|---|
| —0,36 | 4,37 | 7,56  | 0,59             | 5,87  | 1,89  | 3,58 | 2,48 | Altes Material gefördert<br>durch La Soufrière 1902 |
| 4,66  | 3,80 | 8,27  | 0,39             | 8,53  | 2,94  | 3,08 | 2,76 |   |
| 11,16 | 4,18 | 7,64  | 0,40             | 5,78  | 1,99  | 3,12 | 3,06 |   |
| 11,20 | 4,28 | 7,67  | 0,48             | 5,70  | 1,70  | 3,45 | 2,18 |   |
| 17,30 | 4,71 | 7,64  | 0,55             | 3,14  | —0,68 | 2,32 | 2,86 |   |
| 7,62  | 3,63 | 8,55  | 0,33             | 7,19  | 2,18  | 3,81 | 2,78 | Pliozän-Obermiozän                                  |
| —2,92 | 2,59 | 8,79  | 0,25             | 16,25 | 2,59  | 3,75 | 2,90 | Unter-Miozän-<br>Untergrund                         |
| —0,78 | 2,12 | 12,40 | 0,20             | 8,56  | 2,18  | 5,44 | 1,86 |   |
| —0,78 | 1,03 | 20,81 | 0,14             | 1,16  | 0,07  | 3,35 | 0,14 |   |

streichende Kette, die im Mt. Vaucelin, 505 m, kulminiert, gegen W zweigt sich die Kette des Morne Diamant, 497 m, ab.

Die Insel ist ganz vulkanischer Entstehung, nirgends kommt eine sedimentäre Unterlage zum Vorschein. Einschlüsse von Dioriten und Glimmerschiefern in den Tuffen beweisen allein, daß solche Gesteine im tieferen Untergrund anstehen. Unter den Tuffen und Konglomeraten des Sockels lassen sich zwei stratigraphische Horizonte näher bestimmen. Die ältesten Tuffe schließen Kalke mit Lithothamnium und Lepidocyklina ein, sie gehören dem Oligozän, und zwar der aquitanischen Stufe an. Darüber liegen Tuffe mit Gängen und Strömen von 100 m Mächtigkeit mit einer untermiozänen Fauna, wie Turitella coronata, Natica sulcata, Clypeaster ellipticus, Orbitolites usw. Stratigraphisch entspricht dieser Horizont der Gatunstufe in Panama = Burdigalien = I. Mediterran-Stufe. Die jüngeren Eruptionspunkte erheben sich über diese oligozäne bis miozäne Basis. Der Fuß der Montagne Pelée baut sich aus denselben Konglomeraten auf, wie am Piton du Carbet. Der Kegel selber besteht aus einem Bimssteintuff, der aus der Caldera des Etang sec gefördert worden ist, er lagert auf den miozänen Tuffen auf und ist andererseits älter als die Talerosion. Unter den Eruptivgesteinen kann man zwei Folgen unterscheiden:

Die ältere Serie besteht aus Basalten und Pyroxenandesiten (augitischen Labradoriten, Lacroix), sie bauen vor allem die Osthälfte auf, z. B. Mt. Vaucelin.

Die jüngere Serie besteht aus Pyroxenandesiten (Labradoriten, Lacroix), Hypersthenandesiten und Daziten. Sie bilden Ströme, Gänge, Konglomerate und Tuffe, die mangels Fossilien stratigraphisch nicht näher einzuordnen sind. Der Piton du Carbet ist ein Dazitstock, der sich aus einer Umgebung von Hypersthenandesitkonglomeraten erhebt, die den miozänen Tuffen auflagern. Ihr Alter ist nicht näher zu bestimmen, aber jedenfalls jungtertiär oder pleistozän. Dazitmassive sind auch die übrigen größeren Erhebungen, wie Massiv de Salomon, Morne Bigot, Morne la Plaine, Morne Diamant und die Montagne Pelée selber.







Die Laven von Martinique und ihre Eruptionsfolgen sind auf der Tabelle S. 474 gegenübergestellt.

### Der Ausbruch des Mt. Pelé.

Der Mt. Pelé, 1349 m, 14° 48' 50" N.Br., 61° 10' 12" W.L., hatte 1792 22. Jan. und 1851 Aug. unbedeutende Ausbrüche.

Nach einer Ruhepause von fast einem halben Jahrhundert machte sich 1889 eine stärkere Fumarolentätigkeit geltend. Mit dem April 1902 begann die ultravulkanianische Vorphase. Beben, Kabelbrüche leiten den Ausbruch ein. Vom 24. April ab steigen schwarze, mit Asche beladene Dampfsäulen aus dem Etang sec. Schlammfluten gehen zum Meer, der schwarze See entleert sich.

Mit dem 5. April 1902 beginnt der erste Abschnitt, die peleanische Hauptphase und zugleich die Bildung des Staudoms. Am 8. April 8 Uhr 2 Min. zerstörte eine absteigende Glutwolke die Stadt St. Pierre und tötete 28 000 Einwohner. Mit diesem ersten Paroxysmus schloß die erste peleanische Hauptphase. Die Staumasse erreichte den Calderarand.

Nach Tagen der Ruhe beginnt mit dem 16. April die zweite peleanische Hauptphase. Drei Paroxysmen lösen sich in Glutwolken am 20., 26. April und 6. Juni aus, die durch das Tal der Rivière blanche herabgleiten und das Vernichtungswerk vollständig machen. Die Bildung des Staudoms ist am Schluß dieser Phase im wesentlichen abgeschlossen, er besteht aus Staub, Asche, Bomben und Blöcken aller Dimensionen, seine Böschung beträgt 38 bis 40°. Auf dem Gipfel besitzt er eine kraterartige Vertiefung.

Wieder nach einer Zeit relativer Ruhe setzt mit dem 6. Juli die dritte peleanische Hauptphase ein. Am 9. Juni geht eine Glutwolke durch das Rivière-blanche-Tal ab, bis zum 13. Juni erfolgen eine Anzahl vertikaler Explosionen. Der Dom gewinnt an Volumen, auf seiner Spitze hat sich ein nach SW gebogener Zahn von 1353 m Höhe gebildet. Der Dom ist über dem Gebirgsrand von Morne rouge sichtbar geworden. Die vierte peleanische Hauptphase beginnt mit dem 16. August. Glutwolken gehen zum Meer, aus dem Krater steigen hohe Dampfsäulen, Erdbebenstöße erschüttern die Insel. Am 30. August ereignet sich der fünfte Paroxysmus in der Entladung einer gewaltigen, im Gegensatz zu den früheren nach SW, O, SO, S gerichteten Glutwolke, welche die Ortschaft Morne rouge zerstörte und weitere 1000 Menschenleben kostete. Nach einer weiteren Glutwolke am 31. August trat Ruhe ein. Der Dom ist noch größer geworden, Ströme glühender Blöcke rieseln in das obere Rivière blanche herab. Damit ist der erste Abschnitt beendet.

Der zweite Abschnitt in der Geschichte des Peléausbruchs umfaßt die peleanischen Nachphasen. Zu einem Paroxysmus kommt es nicht mehr. Zwar gehen von Zeit zu Zeit noch Glutwolken herab, doch tritt dieses Phänomen



| S. 506—509 |                             |                                   | L                              | M     |       |
|------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------|-------|
| 12         | Hypersthenandesit           | Montagne Pelée                    | 64,13                          | 15,82 |       |
| 14         | Hypersthenandesit           | Le Precheur                       | 64,48                          | 16,00 |       |
| 2          | Hypersthenandesit           | Rivière Blanche, Alte Bombe       | 65,60                          | 19,40 |       |
| 1          | Hypersthenandesit           | Rivière Claire, Alte Bombe        | 62,32                          | 15,72 |       |
| 11         | Hypersthenandesit           | Morne La Croix                    | 61,32                          | 17,46 |       |
| 13         | Hypersthenandesit           | Parnasse                          | 71,65                          | 6,96  |       |
| 5          | Hornblendehypersthenandesit | Vallée aux Ecrivisse, Konglomerat | 66,88                          | 11,30 |       |
| 3          | Hornblendehypersthenandesit | Anse Thurin, Konglomerat          | 63,95                          | 13,08 |       |
| 4          | Hornblendehypersthenandesit | Piton Pierreux, Konglomerat       | 59,49                          | 13,38 |       |
| 10         | Hypersthenandesit           | Morne Macouba                     | 58,23                          | 15,78 |       |
| 6          | Dazit                       | Straße Fonds St. Denis            | 57,62                          | 15,32 |       |
| 7          | Dazit                       | Colson                            | 62,15                          | 16,16 |       |
| 6          | Andesilabradorit            | Byt.-And.                         | Carbet                         | 66,60 | 15,44 |
| 5          | Andesilabradorit            | Hy., Aug.,                        | Morne Diamant                  | 62,80 | 19,40 |
| 7          | Andesilabradorit            | Ho., Ol.,                         | Fond St. Denis                 | 62,83 | 19,66 |
| 8          | Andesilabradorit            | Erz.                              | Chataubriand, Morne des Cadets | 60,37 | 24,96 |
| 9          | Andesilabradorit            | Cordierit                         | Vallée du Céron Piton Pierreux | 64,20 | 26,46 |
| 2          | Doleritbasalt               | Ilot des Ramiers                  | 60,92                          | 38,44 |       |
| 4          | Quarzbasalt                 | Point Burgos                      | 53,60                          | 38,40 |       |
| 1          | Plagioklasbasalt            | Le Marin — Le Vauclin             | 66,85                          | 24,76 |       |
| 3          | Augitischer Labradorit      | Lamentin — Fort de France         | 58,22                          | 27,24 |       |

nur in abgeschwächter Form auf. Das bemerkenswerteste Ereignis aber ist die Bildung der Felsnadel mit ihrem Höhenwachstum und allmählichem Abbröckeln.

Am 3. Nov. beginnt das Höhenwachstum der Felsnadel mit 10 m am Tage. Vom 9. bis 12. Nov. erreichte die Wachstumsgeschwindigkeit sogar 60 m pro Tag. Von 1343 m wuchs das Gebilde auf 1575 m. Auf diese erste Aufstiegsphase folgt am 24. Nov. 1902 bis 6. Febr. 1903 die erste Einsturzphase, durch Abbröckeln verringert sich ihre Höhe auf 1424 m. In dieser Zeit beginnt eine neue Tätigkeitsperiode, die erste peléanische Nachphase, mit schwächeren Glutwolken. Der Eruptionsschlot öffnet sich vorübergehend und entlädt vertikale Explosionswolken.

Nach kurzer Ruhe beginnt die zweite Aufstiegsphase vom 7. Febr. bis 6. Juli 1903. Am 25. März hat die Nadel ihre alte Höhe von 1575 m wieder erreicht. Größere Einstürze können die aufwärts gerichtete Bewegung nicht aufhalten. Am 6. Juli erreicht sie ihre maximale Höhe von 1619 m. Im März und April lebt die Tätigkeit schwach wieder auf, zweite peléanische Nachphase. Die Bewegung der Felsnadel wird wieder rückläufig. Vom 6. Juli bis 10. Aug. dauert die zweite Einsturzphase, die Höhe verringert sich von 1608 m auf 1380 m. Mit dem 10. August lebt die fast erloschene Tätigkeit noch ein letztes Mal auf. In der Mitte der alten Felsnadel beginnt eine kleinere



| Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge                              |
|-------|------|-------|------------------|-------|-------|------|------|---|
| 20,05 | 4,49 | 6,90  | 1,14             | 4,83  | —0,61 | 1,87 | 2,42 | Pleistozän                                  |
| 19,52 | 4,16 | 7,80  | 0,78             | 3,90  | 0,20  | 3,18 | 1,44 | Massiv der Montagne Pelée                   |
| 15,00 | 4,30 | 7,80  | 0,72             | 5,40  | 0,07  | 3,71 | 1,04 |   |
| 21,96 | 4,09 | 7,20  | 0,79             | 4,03  | —0,80 | 2,91 | 1,84 |   |
| 21,22 | 3,98 | 6,98  | 0,59             | 4,95  | —1,56 | 2,87 | 1,82 |   |
| 21,39 | 5,33 | 7,10  | 1,23             | 1,57  | —0,61 | 0,89 | 2,04 |   |
| 21,82 | 4,30 | 8,12  | 0,74             | 2,96  | 0,14  | 0,80 | 3,50 | Konglomerathorizont                         |
| 22,97 | 4,36 | 7,20  | 1,06             | 3,24  | —0,27 | 2,71 | 1,18 |   |
| 27,13 | 4,25 | 5,95  | 0,74             | 3,51  | —1,69 | 1,76 | 2,84 |   |
| 25,99 | 4,25 | 5,67  | 1,21             | 4,79  | —1,55 | 1,68 | 2,84 | Pleistozän bis Pliozän                      |
| 27,06 | 3,90 | 5,78  | 0,87             | 3,83  | —3,30 | 3,29 | 1,08 |   |
| 21,69 | 3,74 | 7,94  | 0,85             | 4,73  | —0,47 | 2,50 | 1,70 |   |
| 17,96 | 4,00 | 8,65  | 0,67             | 4,39  | 0,88  | 1,20 | 3,72 | Pliozän bis<br>Obermiozän                   |
| 17,80 | 3,43 | 8,84  | 0,99             | 5,54  | 0,33  | 2,44 | 2,78 |   |
| 17,51 | 3,63 | 8,25  | 0,73             | 6,66  | —0,79 | 1,92 | 2,50 |   |
| 14,67 | 3,37 | 7,79  | 0,73             | 6,87  | —2,25 | 4,82 | 1,58 |   |
| 9,34  | 4,52 | 7,01  | 0,59             | 7,40  | 2,03  | 2,88 | 1,84 |   |
| 0,64  | 1,90 | 11,43 | 0,20             | 13,33 | 1,05  | 3,08 | 3,52 | Untermiozän (Burdigalien-<br>Gatunstufe bis |
| 8,00  | 3,49 | 6,42  | 0,75             | 11,66 | 4,24  | 2,34 | 1,88 | Oligozän (Aquitaniens)                      |
| 8,39  | 3,03 | 10,45 | 0,69             | 6,19  | —0,81 | 4,40 | 3,58 | Alttertiäre basische                        |
| 14,54 | 3,51 | 7,08  | 0,81             | 7,62  | —1,82 | 3,84 | 4,32 | Andesitformation                            |

aufzusteigen, sie erreicht Anfang September mit 1473 m ihre größte Höhe. Größere Glutwolken sind selten, kleinere folgen in kurzen Zeitabständen; auch vertikale Wolken steigen auf. Ende September ebbt die Tätigkeit ab, am 12. Dez. beobachtet man die letzte Glutwolke. Die Felsnadel hält sich noch eine Zeit auf 1430 m. Im Juli 1905 kann der Vulkan als erloschen gelten.

Diesen Ausbrucherscheinungen kann man mit Lacroix folgende Deutung geben:

#### Der Dom.

Nach Ausräumung des unterirdischen Förderkanals drang andesitisches Magma in den Grund der alten Caldera Etang sec ein, es befand sich in einem sehr zähflüssigen Zustand, so daß es nicht als Lavastrom abfließen konnte, sondern sich vielmehr zunächst in der Caldera aufstaute. Die Erweichungstemperatur dieses Andesitglases bestimmte Brun zu 1050°, die Temperatur des Magmas war höher, sie muß andererseits unter dem Schmelzpunkt des Andesins, 1210°, gelegen haben, ist also etwa auf 1150° zu veranschlagen. Die Abkühlungskruste war anfänglich nur dünn. Festes Material und Lockerprodukte, die die ersten Paroxysmen lieferten, begruben die Staukuppe. Das Gebilde läßt sich in seinem Anfangsstadium mit dem Kumulovulkan von Santorin vergleichen. Durch Intrusion von unten vergrößerte sich das Volumen; das nachdrängende Magma erfüllte die Spalten und Risse der



Kruste. So entstand aus dem Kumulovulkan der Dom, ein massiver Gesteinskörper mit steilen Wänden ohne Krater. Die innere Struktur des Domes besteht aus einem quarzreichen, fast mikrogranitischen Andesit. Der Mantel wird von einem quarzfreien Andesit mit mikrolithenreicher Grundmasse gebildet, der reich an Tridymit ist. Die Andesitadern und Gänge sind mehr oder weniger glasig. Die Dombildung gewinnt deshalb eine besondere petrogenetische Bedeutung, weil hier das erste Mal die Entstehung quarzhaltiger Gesteine vor den Augen menschlicher Beobachter sich abgespielt hat. Es zeigt sich in diesem Fall, daß die dünne, schnell erstarrte Kruste des Domes dieselbe Rolle spielt, wie die Sedimenthülle eines Lakkolithen. Aus dem Umstand, daß die bei der Dombildung in Frage kommenden Temperaturen über dem Umwandlungspunkt Quarz, Tridymit liegen, schließt Lacroix, daß der Quarz nicht direkt aus dem Magma auskristallisiert ist, sondern das Produkt der Einwirkung des Wasserdampfs auf die sauren Gläser ist. Die Einsprenglinge des Andesits sind Plagioklas, Hypersthen, Magnetit, Olivin, Augit, Hornblende, Ilmenit und Apatit.

Zusammenfassend ist die Dombildung das Ergebnis der Intrusion eines viskosen hypersthenandesitischen Magmas.

Das Magma hat im Mittel die folgende Zusammensetzung:

| S. 510 |                   |            | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |
|--------|-------------------|------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|
| 11     | Hypersthenandesit | Typus Pelé | 62,98 | 16,70 | 20,32 | 4,17 | 7,37 | 0,78             | 4,44 | -0,14 | 3,06 | 1,70 |

Es wird als peleanisches Magma bezeichnet, eine saures Magma, das durch seinen hohen Anorthitgehalt, hohen C-Wert, auffällt. Melanokrater Kalk fehlt, ja meist ist ein Tonerdeüberschuß vorhanden, der es gelegentlich zur Cordieritbildung kommen läßt. Unter den Augiten dominiert der Hypersthen. Mit fallender Temperatur und zunehmender Abkühlungsdauer entwickelt sich die Grundmasse zu vier Typen. Typus I, Obsidiantypus, zeigt eine rein glasige Grundmasse, Bildungstemperatur etwa 1150°. Typus II ist der Bimssteintypus, Typus III besitzt eine mikrolithenreiche Grundmasse, Bildungstemperatur jedenfalls unter 1210°, dem Schmelzpunkt der Andesitmikrolithen. Typus IV ist durch eine quarzreiche, fast mikrogranitische Grundmasse gekennzeichnet. Seine Bildungstemperatur lag unter 870°, dem Umwandlungspunkt von Tridymit in Quarz.

Die Tabelle S. 477 gibt die Zusammensetzung der vier Typen:

#### Die Bildung der Felsnadel.

Mit dem zweiten Abschnitt ändert sich der Mechanismus. Sobald die Erstarrungskruste stark genug geworden ist, um dem nachdrängenden viskosen Magma zu widerstehen, konzentriert sich die vulkanische Aktivität von der Basis und den Flanken gegen den Domgipfel.

Der Dom vergrößert jetzt sein Volumen nicht mehr.



## Zusammensetzung der Pelé-Laven.

| S. 510 |   | L  | M     | Q     | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FaO   | Mt   | Mont Pelé 1902—1904 |
|--------|---|--|-------|-------|-------|------|------------------|------|------|-------|------|---------------------|
| 2      | Typus I. Obsidiantypus<br>glasiger Grundmasse | Kraterrand 29. VI. 02<br>Bombe 30. VIII. 02<br>Schlacke 25. I. 03                        | 61,02 | 17,88 | 21,10 | 3,98 | 7,10             | 0,79 | 5,02 | -0,78 | 3,00 | 1,84                |
| 4      |   |  | 62,74 | 15,26 | 22,00 | 4,37 | 6,90             | 0,85 | 4,04 | -0,18 | 2,61 | 1,96                |
| 7      |   |  | 60,46 | 18,38 | 21,16 | 3,67 | 7,61             | 0,72 | 4,53 | -0,66 | 3,94 | 1,44                |
|        |   |  |       |       |       |      |                  |      |      |       |      |                     |
| 1      | Typus II. Bimssteintypus                      | Bombe 8. V. 02<br>9. VII. 02<br>Lapilli, Parnasse<br>30. VIII. 02<br>Glutwolke 25. I. 03 | 63,08 | 16,34 | 20,58 | 4,42 | 6,93             | 0,73 | 3,69 | 0,52  | 3,10 | 1,72                |
| 3      |   |  | 63,23 | 13,32 | 23,45 | 4,40 | 6,91             | 0,87 | 2,93 | -0,39 | 2,87 | 1,72                |
| 5      |   |  | 62,61 | 15,58 | 21,81 | 4,02 | 7,53             | 0,78 | 4,61 | -0,33 | 2,21 | 1,94                |
| 8      |   |  | 64,00 | 17,18 | 18,82 | 4,17 | 7,66             | 0,72 | 4,16 | 0,01  | 3,58 | 1,68                |
| 6      | Typus III. Mikrolith.<br>Typus                | Glutwolke 16. XII. 02  | 64,35 | 17,12 | 18,53 | 4,31 | 7,45             | 0,72 | 4,64 | -0,07 | 3,20 | 1,44                |
| 9      | Typus IV. Mikrogranit.<br>Typus               | Quarzandesit I. 04   | 62,92 | 17,00 | 20,08 | 4,25 | 7,23             | 0,90 | 4,06 | 0,57  | 3,35 | 1,04                |

### Zusammensetzung der Pelé-Aschen.

|    |                           | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Mont Pelé 1902—1903 |
|----|---------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|---------------------|
| 1  | Aschen des Ausbruchs      | 66,96 | 18,30 | 14,74 | 4,67 | 7,40 | 0,60             | 4,07 | 0,81 | 3,94 | 0,66 |                     |
| 2  | des Mont Pelé             | 62,32 | 19,14 | 18,54 | 4,22 | 7,14 | 0,59             | 4,56 | 0,85 | 2,97 | 2,38 |                     |
| 3  | 1902—1903                 | 62,44 | 14,14 | 23,42 | 4,76 | 6,09 | 0,79             | 3,04 | 0,99 | 1,98 | 2,12 |                     |
| 4  | 20. V. 02                 |       |       |       |      |      |                  |      |      |      |      |                     |
| 5  | Barbados V. 02            | 67,32 | 17,60 | 15,08 | 5,13 | 6,57 | 0,79             | 4,01 | 1,18 | 2,69 | 1,84 |                     |
| 6  | Saint Pierre 5. VI. 02    | 61,68 | 17,08 | 21,24 | 4,00 | 7,42 | 0,40             | 3,74 | 0,59 | 2,74 | 2,94 |                     |
|    | Lac de Palmistes          | 63,52 | 15,94 | 20,54 | 3,99 | 7,90 | 0,80             | 4,52 | 0,13 | 2,13 | 2,38 |                     |
|    | 30. VIII. 02              |       |       |       |      |      |                  |      |      |      |      |                     |
| 7  | Morne Rouge 30. VIII. 02  | 63,12 | 17,76 | 19,12 | 3,82 | 7,96 | 0,53             | 4,67 | 0,72 | 3,29 | 1,84 |                     |
| 8  | Parnasse 30. VIII. 02     | 61,01 | 16,66 | 22,33 | 4,36 | 6,15 | 0,66             | 4,30 | 1,53 | 4,32 | 1,20 |                     |
| 9  | Dominique 30. VIII. 02    | 62,20 | 15,22 | 22,58 | 4,46 | 6,50 | 0,85             | 4,20 | 0,52 | 2,43 | 1,96 |                     |
| 10 | Guadeloupe 30. VIII. 02   | 62,88 | 10,74 | 26,38 | 4,59 | 6,54 | 0,97             | 2,91 | 0,19 | 1,62 | 1,30 |                     |
| 11 | Rivière blanche 25. I. 03 | 61,46 | 11,80 | 26,74 | 4,51 | 6,03 | 0,80             | 3,78 | 1,26 | 1,06 | 2,12 |                     |



Aus der Intrusion halbflüssigen Magmas wird eine Extrusion einer völlig festen Lavanadel, deren Temperatur unter der Erweichungstemperatur des Andesitglases von  $1050^{\circ}$  liegen muß, mit polierten Wänden und polyedrischer Gestalt, die erst allmählich die Zylinderform annimmt. Der Lavadorn schob sich in der Verlängerung des Förderkanals um 850 m hoch, und wenn die Abstürze nicht gewesen wären, hätte er die Höhe von 2200 m erreicht. Der Dorn besteht aus dem glasigen Andesittypus I, also auch er kam in viskosem Zustand aus der Tiefe, erstarrte erst innerhalb des Domes, so schnell, daß die Mikrolithenbildung nicht merklich einsetzen konnte.

Die spätere kleine Nadel dagegen setzt sich aus einem mehr kristallinen, quarzhaltigen Andesit zusammen, ihre Erstarrung hat offenbar in größerer Tiefe bereits begonnen und ist sehr langsam bei tieferen Temperaturen vor sich gegangen.

Die Extrusion eines festen Gesteinsgebildes ist zum ersten Male bei dieser Gelegenheit beobachtet worden.

### Die Glutwolken.

Die Glutwolken bestehen aus einer Emulsion von festem Material jeder Dimension, von Blöcken von mehreren Kubikmeter Inhalt bis zur feinsten Asche, mit Wasserdampf und Gasen, besonders Schwefelwasserstoff und anderen, von hoher Temperatur und in einem stark komprimierten Zustand.

Die Anfangstemperatur liegt nicht über  $1100^{\circ}$  und betrug noch 6 km vom Krater entfernt  $230^{\circ}$ . Die Glutwolken nehmen ihren Ausgang von den Flanken des Domes. Im Moment der Explosion öffnet sich ein Riß, ein einzelner Wolkenball erscheint und bewegt sich entweder vertikal nach oben bis zu 2000 m Höhe, um sogleich als träge Masse, ohne sich mit der Atmosphäre zu vermischen, zurückzusinken, oder der Explosionsstoß ist von vorneherein schief nach unten gerichtet. Der Wolkenball bleibt ohne Nachschub, die Öffnung schließt sich sofort. Die Glutwolke kriecht mit wachsender Geschwindigkeit, die im übrigen von der Gehängeneigung abhängig ist, durch die Täler, dem Meere zu. Die mittlere Geschwindigkeit beträgt 11,1—26,6 m in der Sekunde, die höchste Geschwindigkeit 150 m.

Der ganze Vorgang spielt sich in einer Zeit von wenigen Minuten ab. Dabei dehnt sich die stark komprimierte Gasmasse auf das Tausendfache ihres Volumens aus und kühlt sich ab. Die Basiszone ist am heißesten. Hier herrscht das feste Material vor. Die festen Phasen sind von komprimiertem Gas umgeben, das ein Zusammenbacken verhindert und der ganzen Masse erst die leichte Beweglichkeit gibt. Die obere Zone besteht aus Wolkenballen, die bei der Bewegung übereinanderrollen und mit Aschenteilchen beladen sind. Die Masse als Ganzes hat eine beträchtliche Schwere. Die Glutwolke vermag große Blöcke zu transportieren, herrschende Winde lenken sie nicht aus ihrer Richtung ab. Wenn auch ihr



Bewegungsmechanismus in erster Linie durch die Schwere beherrscht wird, ist doch ein richtunggebender Explosionsstoß notwendig zu ihrem Zustandekommen. Die Ursache der Explosion ist in dem überhitzten Wasserdampf zu erblicken, sie erfolgt im Inneren des Domes und wird ausgelöst durch frischen Magmazufuß aus der Tiefe. Die Entbindung einer Glutwolke hatte meist einen größeren Einsturz der Felsnadel zur Folge, dem dann ein schnelleres Wiederaufsteigen folgte, das den Verlust wieder nahezu kompensierte. Die Glutwolken sind also das Ergebnis von Explosionen, die nicht stark genug waren, das ganze Hindernis hinwegzuräumen, sondern nur einen Bruch der Domwände herbeiführen konnten. Ihr Zustandekommen hängt von besonderen mechanischen Umständen ab; sie sind daher auch keine Ausbruchsform, die bestimmten Magmen eigen wäre, allerdings kommen sie nur bei relativ kalten Magmen vor.

Die Glutwolken führen gewaltige Mengen festen Materials mit sich, das sie, und das ist charakteristisch für derartige Ablagerungen, in kurzer Zeit auf engbegrenztem Raum absetzen. Die chaotische Schüttung, das Fehlen jeder Seigerung nach Dichte und Korn sind die Merkmale solcher Glutwolkenkonglomerate. Blöcke und Fragmente jeder Dimension, darunter solche von kolossaler Größe, aber von einheitlicher petrographischer Beschaffenheit sind mit Asche vermengt. Die Ablagerungen halten ihre Temperatur noch lange, hineingeratenes Holz wird verkohlt, gelegentlich hauchen sie sekundäre Fumarolen aus.

#### Dominica.

Die Insel gleicht in vielen Beziehungen den beschriebenen Inseln St. Lucia, Vinzent und Grenada. Dazite, Andesite und Basalte bauen sie auf, an der Steilküste wechseln Tuffbänke mit andesitischen Laven. Junge Lavaströme sind selten. Von älteren Ausbruchspunkten seien genannt: Morne Plate Pays, 958 m, Morne Anglais, 1142 m, Morne Diablotin, 1447 m, Morneau Diable, 889 m, an der Nordspitze.

Das aktive Zentrum ist die Grande Soufrière, 1242 m, 15° 18' 10" N. Br., 61° 18' 34" W. L. Hier stehen Hypersthenandesite vom Typus III des Mt. Pelé an. Nach Sapper finden sich drei Krater in ONO-Richtung gereiht, Sulphursprings, Krater II, und Boiling Lake mit Schwefelwasserstoff-Fumarolen, Temperatur 87—96°. 1880 machte die Soufrière einen größeren Schlammausbruch.

Les Saintes sind erloschen, die Inseln Cabrit, Grand Ilet und Terre d'en Haut bestehen aus Hypersthenandesiten, die denen von Guadeloupe entsprechen. Auf letzterer Insel kommen Perlite vor.

#### Guadeloupe.

Ein schmaler Kanal trennt die beiden Inseln Guadeloupe oder Basse Terre von Grande Terre. Letztere besteht aus miozänen Kalken mit Ein-



## Zusammensetzung der

|   | S. 516               | Guadeloupe                               | L     | M     |
|---|----------------------|--|-------|-------|
| 6 | Hypersthenlabradorit | La Soufrière                             | 60,31 | 23,84 |
| 5 | Andesilabradorit     | Cascade de la Rivière noire              | 62,77 | 17,68 |
| 3 | sphär. Dazit         | Rivière Saint Thomas                     | 48,26 | 5,18  |
| 2 | Dazitobsidian        | Rivière des Vieux Habitants              | 52,65 | 4,54  |
| 4 | Perlit               | Rivière Madame, Vieux Fort               | 59,52 | 13,50 |
| 1 | Basalt               | Rücken Houelmont — Riv. Grand Citronnier | 69,04 | 22,18 |

schaltung vulkanischer Tuffe und ist niedrig. Die östliche Insel Guadeloupe dagegen ist völlig vulkanischen Baus. Über den miozänen Tuffen liegen Konglomerate von großer Mächtigkeit, Tuffe und jüngere Ströme. Dazite,

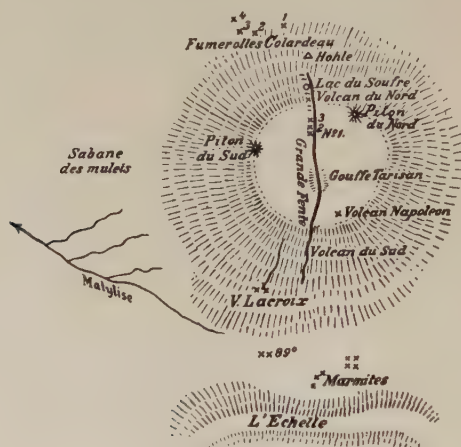


Abb. 33. Soufrière von Guadeloupe nach Sapper.

Pyroxenandesite (Labradorite), Hypersthenandesite, Dazite und Basalte beteiligen sich an dem Aufbau. Das Rückgrat der gebirgigen Insel bilden die Vulkanruine Houelmont, 700 m, der regelmäßige Kegel La Citerne, 1200 m, Grande Soufrière, 1484 m, Deux Mamelles, 772 m, La Couronne (Groß-Montagne), 861 m.

Die Grand Soufrière, 1484 m,  $16^{\circ} 2' 38''$  N. Br.,  $61^{\circ} 39' 30''$  W. L., ist ein ungemein steiler Dom ohne ausgesprochenem Krater. Das kreisrunde Gipfelplateau, das von einer Anzahl Felszacken begrenzt wird, wird von einer N—S verlaufenden Spalte, „Grande Fente“, durchschnitten, sie ist der Sitz der Fumarolentätigkeit.

Der Piton Dolomieu könnte das Überbleibsel eines Lavadorns sein. Dieser Dom ist das Seitenstück zum Pelédom und vor der Entdeckung der Insel entstanden; das Gestein weist die gleiche Zusammensetzung auf.



## Guadeloupe-Laven.

| Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge                            |
|-------|------|-------|------------------|------|-------|------|------|---|
| 15,85 | 3,00 | 8,93  | 0,67             | 7,46 | —0,59 | 3,13 | 2,66 | } Pleistozän oder<br>Pliozän              |
| 19,55 | 3,79 | 7,98  | 0,80             | 5,12 | —0,53 | 2,06 | 3,32 |   |
| 46,56 | 4,98 | 1,06  | 1,33             | 0,86 | —4,18 | 1,66 | 0,14 | } Konglomerathorizont<br>Alter Pleistozän |
| 42,81 | 5,64 | 1,30  | 1,17             | 0,84 | —2,33 | 1,24 | 0,38 |   |
| 26,98 | 4,45 | 5,98  | 1,08             | 3,37 | 0,42  | 2,15 | 1,62 |   |
| 8,78  | 3,31 | 10,64 | 0,47             | 5,28 | 1,07  | 3,12 | 3,24 | Unter-Miozän                              |

1696 Aschenausbruch der Grande Fente, 1797 29. Sept., 1798 26. April 14 Uhr Eruption einer Glutwolke, die ihren Ausgang vom Eboulement Faujas, nördlich vom Massiv du Nord nahm. 1837 3. Dez., 1838 12. Febr. Schlammausbruch, 1903 Jan.

Zwischen Guadeloupe und Marie Galante gibt Sapper einen submarinen Ausbruch von 1843 17. Febr. an.

Montserrat zeigt das gleiche Bild. Am Süden der Insel beobachtete Sapper einen jungen Basaltstrom bei Swenneys Well. Eine Anzahl Ausbruchspunkte sind zu erkennen: St. George Hill, 366 m, ein gegen SW geöffneter Vulkan, Soufrière Mountain, 763 m, 16° 41' 20" N.Br., 62° 12' 8" W.L., ein stark zerstörter Stratovulkan, Galloway Soufrière, 480 m, liefert H<sub>2</sub>S-reiches Wasser von 92°. Chances Pond, 915 m, ebenfalls stark zerstört, Centre Hills, 747 m.

Die Erdbeben 1897—1899 verstärkten lediglich die solfatarische Tätigkeit. Erloschen ist Rendonda, 305 m, und Nevis, mit altem Somma-vulkan, 1096 m.

St. Kitts (St. Christopher), besitzt drei Vulkane SO-Ridge (St. Patricks Hill), 1011 m, 17° 20' 10" N.Br., 62° 45' 30" W.L., mit den Parasiten Monkey Hill, 402 m und Otley's Level, 579 m, der mittlere Vulkan Middle Range, 1089 m, 17° 22' 17" N.Br., 62° 47' W.L., ist besser erhalten, er hat nahe dem Gipfel einen kleinen Kratersee, am NO-Fuß einen Lavastrom. Mt. Misery, 1315 m, 17° 22' 44" N.Br., 62° 47' 54" W.L., ist der Hauptvulkan, er mündet in einen tief eingesenkten Krater mit See. Hier befinden sich Schwefelfumarolen von 93—96°. Dem Nordfuß entströmt der Lavastrom Black Rock, von einer Lapillilage bedeckt. Der letzte Ausbruch erfolgte 1692—1693 im Anschluß an das Jamaikabeben. Der Brimstone Hill, 337 m, galt als Beispiel einer jungvulkanischen Hebung pleistozäner Kalke, Sapper zeigte jedoch, daß diese Deutung nicht zutreffen kann.

Statia (St. Eustatius) besitzt im „The Quill (Punch Bowl) einen schönen regelmäßigen Stratovulkan mit wohlerhaltenem Krater. Der



|    | S. 516           |                            | L     | M     |
|----|------------------|----------------------------|-------|-------|
| 7  | Dazitbimsstein   | White Wall, St. Eustatius  | 50,24 | 23,00 |
| 8  | Trachyandesit    | Signal Hill, St. Eustatius | 71,00 | 35,92 |
| 10 | Andesilabradorit | Saba Island, Kegel         | 62,76 | 24,56 |
| 9  | Andesit          | Saba Island                | 73,32 | 25,02 |

Kegelmantel ist im Süden durch den „White Wall“ gehobene pleistozäne Korallenkalke deformiert, die ebenfalls vulkanische Hebungen sein sollen. Signal Hill, 226 m, ist der nördliche Ausbruchspunkt.

Mit der Insel Saba endet der Bogen. Der Peak von Saba ist ein Staukegel in einem alten Kesseltal.

Zusammenfassend kann über die Tätigkeit des Bogens folgendes ausgesagt werden. Von 52 gezählten Vulkaneinheiten sind in historischer Zeit 43 = 83% erloschen, 3 Vulkane = 6% sind solfatarisch, 5 = 10% explosiv und nur die Montagne Pelée hat Lava in fast erstarrtem und festem Zustand geliefert. Sapper schätzt die Menge auf  $\frac{1}{10}$  cbkm. Die Förderung der Lockermassen ist im ganzen auf vielleicht 2 cbkm zu veranschlagen. Nach Sapper beträgt die Reihungsdichte 1:80, die Ausbruchsfrequenz von 1801—1914 beträgt 16 Einheiten.

Der Bogen geht seinem völligen Erlöschen entgegen. Die vulkanische Aktivität bleibt auf das mittlere Bogenstück konzentriert, besonders auf Martinique.

Die Analysentabellen S. 484 geben einen Überblick über die Zusammensetzung der Laven des Bogens. Die vergleichende Betrachtung des in den Tabellen niedergelegten Materials nimmt am besten von der am gründlichsten untersuchten Insel Martinique ihren Ausgang. Wie oben näher dargelegt wurde, haben wir in diesem Gebiet drei junge orogenetische Phasen zu unterscheiden: 1. Die Antillenfaltung, Grenze Obereozän/Oligozän. Sie hat die granodioritischen Tiefengesteine der Virginesinseln heraufgebracht. Tabelle S. 518 und Abb. 34, im Antillenbogen Basalte und basische Andesite gefördert, die die Unterlage der Inseln aufbauen. 2. Die Faltung an der Grenze Oligozän/Miozän belebte den Vulkanismus neu und baute die höheren Lagen des Sockels auf. Es sind vorwiegend Andesite mit Q-Werten von 8—15. Die Bildung der Sommabauten fällt in diese Zeit. 3. Die jüngste orogenetische Phase auf der Grenze Pliozän/Pleistozän lieferte saure Andesite, die sich von den rezenten Pelélaven kaum unterscheiden, auch wie diese massive Dome bilden. Das Diagramm gibt die chemische Zusammensetzung wieder. Die Kurven sind fast gerade Linien, die Streuung beträgt etwa  $\pm 1\%$ . Sie zeigen, daß man alle diese Gesteine aus einem einheitlichen Herd ableiten darf. Der Kurvenverlauf ähnelt dem der Granodiorite der Virgines-



| Q              | A            | C            | K <sub>2</sub> O | MgO          | CaO          | FeO          | Mt           |  |
|----------------|--------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| 26,76<br>—6,92 | 4,71<br>7,39 | 3,14<br>2,97 | 0,94<br>2,31     | 5,53<br>4,62 | 1,82<br>7,20 | 4,15<br>6,16 | —<br>—       | Panamaformation?<br>Alter?                 |
| 12,68<br>1,66  | 3,81<br>7,86 | 8,07<br>2,61 | 0,72<br>0,79     | 7,55<br>2,42 | 0,99<br>5,44 | 2,62<br>4,39 | 2,24<br>0,52 | Pliozän oder Obermiozän<br>Gatunformation? |

inseln, beide Magmen sind also so ähnlich, daß man sie als gleich ansprechen kann. Eine Ausnahme macht die Insel Grenada mit ihren atlantischen

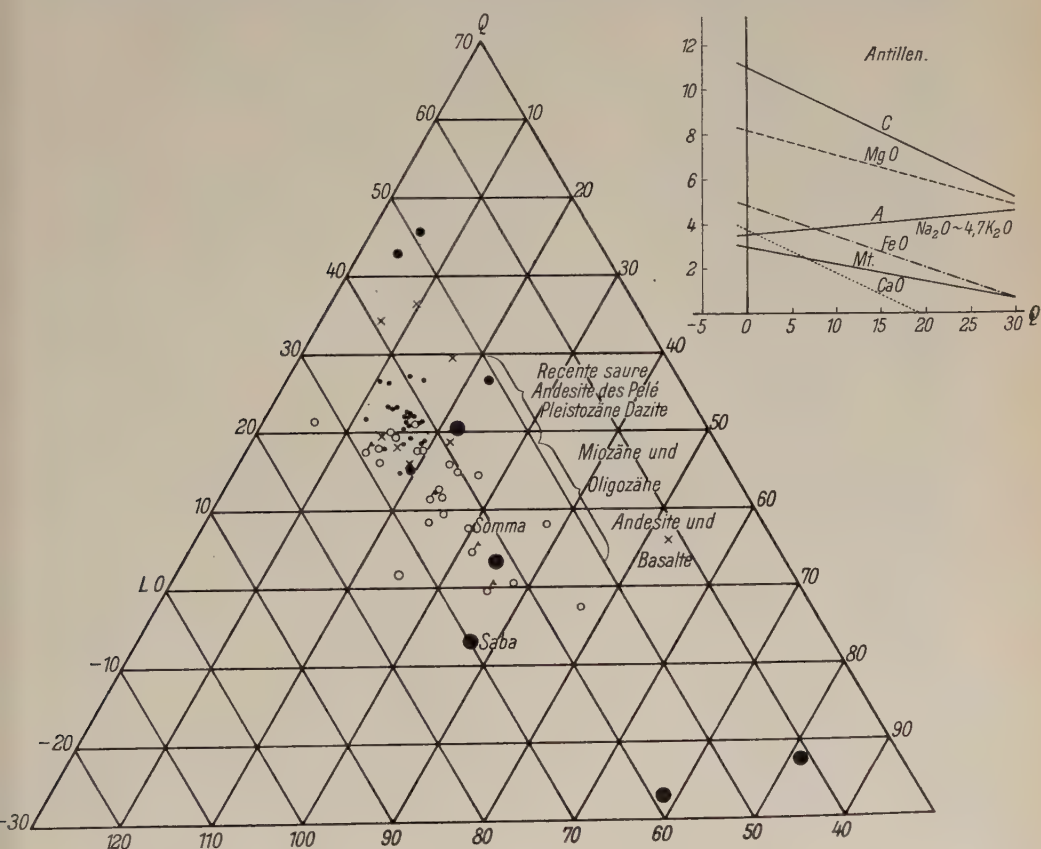


Abb. 34. Gesteine des Antillenbogens.

Punkte: Rezente Laven von Martinique; Leerkreise mit Fahne: altes Material gefördert 1902 auf St. Vincent; Leerkreise: pleistozäne Dazite, tertiäre Andesite und Basalte; Vollkreise: Dazite von Guadeloupe; große Vollkreise: Laven von Grenada und Saba; Kreuze: Granodiorite der Lewards- und Virginisinseln.

Nephelinbasaniten. Ihr Diagramm zeigt auch innerhalb der sauereren Glieder einen verschiedenen Verlauf. Hier macht sich bereits der Einfluß der brasilianischen Masse geltend. Das gleiche gilt für das andere Ende des Bogens. Saba



## Eruptionsfolgen der

|    | S. 504—519                  |   | L     |
|----|-----------------------------|---|-------|
| 11 | Hypersthenandesit           | Mt. Pelé 1902—1904                      | 62,98 |
| 12 | Hypersthenandesit           | Montagne Pelée, Martinique              | 64,13 |
| 14 | Hypersthenandesit           | Le Precheur, Martinique                 | 64,48 |
| 11 | Hypersthenandesit           | Morne La Croix, Martinique              | 61,32 |
| 13 | Hypersthenandesit           | Parnasse, Martinique                    | 71,65 |
| 5  | Hornblendehypersthenandesit | Vallée aux Ecrivisse, Martinique        | 66,88 |
| 3  | Hornblendehypersthenandesit | Anse Thurin, Martinique                 | 63,95 |
| 4  | Hornblendehypersthenandesit | Piton Pierreux, Martinique              | 59,49 |
| 3  | Sphär. Dazit                | Rivière Saint Thomas, Guadeloupe        | 48,26 |
| 2  | Dazitobsidian               | Rivière des Vieux Habitants, Guadeloupe | 52,65 |
| 4  | Perlit                      | Rivière Madame, Guadeloupe              | 59,52 |
| 10 | Hypersthenandesit           | Morne Macouba, Martinique               | 58,23 |
| 6  | Dazit                       | Fonds St. Denis, Martinique             | 57,62 |
| 7  | Dazit                       | Colson, Martinique                      | 62,15 |
| 7  | Dazitbimsstein              | White Wall, St. Eustatius               | 50,24 |
| 10 | Hypersthenlabradorit        | Somma La Soufrière, St. Vincent         | 63,24 |
| 9  | Andesilabradorit            | Piton Pierreux, Martinique              | 64,20 |
| 8  | Andesilabradorit            | Morne des Cadets, Martinique            | 60,37 |
| 7  | Andesilabradorit            | Fond St. Denis, Martinique              | 62,83 |
| 5  | Andesilabradorit            | Cascade de la Rivière Noire, Guadeloupe | 62,77 |
| 6  | Hypersthenlabradorit        | La Soufrière, Guadeloupe                | 60,31 |
| 10 | Andesilabradorit            | Kegel, Saba                             | 62,76 |
| 1  | Nephelinbasalt              | Grenada                                 | 40,96 |
| 2  | Nephelinbasanit             | Grenada                                 | 58,92 |
| 9  | Basalt                      | Chateaubelair, St. Vincent              | 55,88 |
| 2  | Dolerithbasalt              | Ilot des Ramiers, Martinique            | 60,92 |
| 1  | Plagioklasbasalt            | Le Marin — Le Vauclin, Martinique       | 66,85 |
| 3  | Augitischer Labradorit      | Lamentin — Fort de France, Martinique   | 58,22 |
| 1  | Basalt                      | Houelmont, Guadeloupe                   | 69,04 |
| 4  | Andesit                     | Grenada                                 | 60,96 |
| 9  | Andesit                     | Saba                                    | 73,32 |
| 8  | Trachyandesit               | Signal Hill, St. Eustatius              | 71,00 |
| 5  | Olivingabbro                | Beef Island, O. Tortola                 | 41,44 |
| 10 | Diorit                      | Ginger, Island                          | 57,16 |
| 1  | Quarzaugitdiorit            | St. Martin, Lewardsinseln               | 65,12 |
| 9  | Quarzdiorit                 | Marys Point, St. John                   | 68,60 |
| 16 | Quarzdiorit                 | Bucks Island, St. Thomas                | 67,56 |
| 6  | Adamellit                   | Beef Island, O. Tortola                 | 58,80 |
| 2  | Syenitporphyr               | Gustavia, St. Bartholémy                | 59,04 |
| 3  | Granit                      | Sound, Long Bay, Virgin Gorda           | 53,80 |
| 4  | Granit                      | Georges Dog, Virgin Gorda               | 54,80 |
| 18 | Labradorporphyr             | Culebra                                 | 57,16 |
| 7  | Diabas                      | Whisling Cay, St. Johns                 | 63,76 |
| 8  | Diabas                      | Coral Bay, St. Johns                    | 62,52 |
| 11 | Diabas                      | Bucks Island, b. St. Thomas             | 71,20 |
| 12 | Diabas                      | Coki Point, St. Thomas                  | 66,20 |
| 13 | Diabas                      | Red Point, St. Tomas                    | 59,28 |
| 17 | Felsit                      | Adlers Villa, St. Croix                 | 54,48 |
| 15 | Quarzporphyr                | Regis Point, St. Thomas                 | 50,67 |
| 14 | Quarzporphyr                | Red Point, St. Thomas                   | 47,49 |



## Antillenprovinz.

| M     | Q      | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolgen  |
|-------|--------|------|-------|------------------|-------|-------|------|------|--|
| 16,70 | 20,32  | 4,17 | 7,37  | 0,78             | 4,44  | -0,14 | 3,06 | 1,70 | Recent 1902—1904   |
| 15,82 | 20,05  | 4,49 | 6,90  | 1,14             | 4,83  | -0,61 | 1,87 | 2,42 | Quartäre saure<br>Andesitformation   |
| 16,00 | 19,52  | 4,16 | 7,80  | 0,78             | 3,90  | 0,20  | 3,18 | 1,44 |  |
| 17,46 | 21,22  | 3,98 | 6,98  | 0,59             | 4,95  | -1,56 | 2,87 | 1,82 |  |
| 6,96  | 21,39  | 5,33 | 7,10  | 1,23             | 1,57  | -0,61 | 0,89 | 2,04 |  |
| 11,30 | 21,82  | 4,30 | 8,12  | 0,74             | 2,96  | 0,14  | 0,80 | 3,50 | Konglomerathorizont  |
| 13,08 | 22,97  | 4,36 | 7,20  | 1,06             | 3,24  | -0,27 | 2,71 | 1,18 |  |
| 13,38 | 27,13  | 4,25 | 5,95  | 0,74             | 3,51  | -1,69 | 1,76 | 2,84 |  |
| 5,18  | 46,56  | 4,98 | 1,06  | 1,33             | 0,86  | -4,18 | 1,66 | 0,14 |  |
| 4,54  | 42,81  | 5,64 | 1,30  | 1,17             | 0,84  | -2,33 | 1,24 | 0,38 | Konglomerathorizont  |
| 13,50 | 26,98  | 4,45 | 5,98  | 1,08             | 3,37  | 0,42  | 2,15 | 1,62 |  |
| 15,78 | 25,99  | 4,25 | 5,67  | 1,21             | 4,79  | -1,55 | 1,68 | 2,84 |  |
| 15,32 | 27,06  | 3,90 | 5,78  | 0,87             | 3,83  | -3,30 | 3,29 | 1,08 |  |
| 16,16 | 21,69  | 3,74 | 7,94  | 0,85             | 4,73  | -0,47 | 2,50 | 1,70 | Faltung Pliozän/Quartär  |
| 23,00 | 26,76  | 4,71 | 3,14  | 0,94             | 5,53  | 1,82  | 4,15 | —    |  |
| 29,14 | 7,62   | 3,63 | 8,55  | 0,33             | 7,19  | 2,18  | 3,81 | 2,78 | Jungtertiäre basische<br>Andesitformation<br>Alter Obermiozän — Pliozän<br>Andesilabradorite Lacroix                         |
| 26,46 | 9,34   | 4,52 | 7,01  | 0,59             | 7,40  | 2,03  | 2,88 | 1,84 |  |
| 24,96 | 14,67  | 3,37 | 7,79  | 0,73             | 6,87  | -2,27 | 4,82 | 1,58 |  |
| 19,66 | 17,51  | 3,63 | 8,25  | 0,73             | 6,66  | -0,79 | 1,92 | 2,50 |  |
| 17,68 | 19,55  | 3,79 | 7,98  | 0,80             | 5,12  | -0,53 | 2,06 | 3,32 | Faltung Oligozän/Miozän  |
| 23,84 | 15,85  | 3,00 | 8,93  | 0,67             | 7,46  | -0,59 | 3,13 | 2,66 |  |
| 24,56 | 12,68  | 3,81 | 8,07  | 0,72             | 7,55  | 0,99  | 2,62 | 2,24 |  |
| 81,74 | -22,70 | 3,64 | 2,96  | 0,43             | 21,67 | 11,33 | 5,98 | 3,34 |  |
| 68,14 | -27,06 | 6,51 | 1,71  | 0,63             | 12,39 | 13,97 | 7,21 | 1,00 | Posthume atlantische<br>Nephelingesteine. Alter?   |
| 47,04 | -2,92  | 2,59 | 8,79  | 0,25             | 16,25 | 2,59  | 3,75 | 2,90 | Alttertiäre basische<br>Andesitformation:<br>Alter Oligozän (Aquitaniien)<br>bei Unter Miozän (Burdigalien)<br>= Gatunstufe) |
| 38,44 | 0,64   | 1,90 | 11,43 | 0,20             | 13,33 | 1,05  | 3,08 | 3,52 |  |
| 24,76 | 8,39   | 3,03 | 10,45 | 0,69             | 6,19  | -0,81 | 4,40 | 3,58 |  |
| 27,24 | 14,54  | 3,51 | 7,08  | 0,81             | 7,62  | -1,82 | 3,84 | 4,32 |  |
| 22,18 | 8,78   | 3,31 | 10,64 | 0,47             | 5,28  | 1,07  | 3,12 | 3,24 |  |
| 35,32 | 3,52   | 6,14 | 2,96  | 0,53             | 6,53  | 6,94  | 2,64 | 3,30 |  |
| 25,02 | 1,66   | 7,86 | 2,61  | 0,79             | 2,42  | 5,44  | 4,39 | 0,52 | Stellung unbekannt:<br>vielleicht Gatunformation<br>(Miozän). Antillenfaltung  |
| 35,92 | -6,92  | 7,39 | 2,97  | 2,31             | 4,62  | 7,20  | 6,16 | —    |  |
| 52,50 | 6,06   | 0,33 | 9,70  | —                | 11,36 | 7,51  | 3,86 | 7,04 | Mitteloligozän   |
| 35,62 | 7,22   | 3,33 | 7,63  | 0,20             | 8,61  | 2,87  | 4,63 | 3,40 |  |
| 18,94 | 15,94  | 5,55 | 5,18  | 1,26             | 3,98  | 3,53  | 1,96 | —    |  |
| 18,02 | 13,38  | 5,27 | 6,61  | 0,93             | 4,74  | 0,93  | 2,00 | 2,68 |  |
| 12,68 | 19,76  | 6,81 | 3,27  | 1,02             | 1,98  | 2,18  | 2,18 | —    | Eozän<br>oder  |
| 22,34 | 18,86  | 4,79 | 5,12  | 0,66             | 5,45  | 2,63  | 1,25 | 3,68 |  |
| 6,54  | 34,42  | 4,82 | 4,83  | 1,15             | 1,77  | -1,16 | 0,35 | 2,30 | Obere Kreide   |
| 16,34 | 29,86  | 5,29 | 2,87  | 0,26             | 1,70  | 5,56  | 0,91 | —    |  |
| 9,52  | 35,68  | 5,02 | 3,66  | 0,39             | 1,89  | 0,39  | 2,48 | —    |  |
| 35,62 | 7,22   | 3,33 | 7,63  | 0,20             | 8,61  | 2,87  | 4,63 | 3,40 | Obere Kreide<br>oder   |
| 29,48 | 6,76   | 5,09 | 5,76  | 0,68             | 5,77  | 3,47  | 3,06 | 4,88 |  |
| 35,58 | 1,90   | 3,52 | 8,59  | —                | 6,63  | 6,29  | 3,11 | 3,52 | Effusiva   |
| 36,94 | -8,14  | 5,34 | 7,12  | 0,82             | 10,54 | 1,91  | 4,31 | 3,42 |  |
| 36,50 | -2,70  | 4,83 | 6,89  | 0,40             | 9,13  | 5,03  | 0,75 | 6,68 |  |
| 32,24 | 8,48   | 5,19 | 4,44  | 0,14             | 6,99  | 3,87  | 1,17 | 8,18 |  |
| 20,80 | 24,72  | 3,88 | 5,86  | 2,83             | 1,84  | 4,74  | 3,82 | —    |  |
| 8,24  | 41,09  | 6,11 | —     | 2,52             | 1,73  | -1,79 | 2,39 | —    |  |
| 0,52  | 51,99  | 5,67 | 0,26  | 1,29             | —     | -1,09 | 0,26 | —    |  |



und St. Eustatius (vgl. umstehende Tabelle) sind keine echten Andesite. Diagramm, Abb. 34, gibt die Entwicklung des Antillenbogens im L-, M-, Q-Dreieck wieder und läßt den zeitlichen Verlauf der Differentiationsentwicklung gut erkennen. Aus den Diagrammen geht weiter deutlich hervor, daß die Eruption auf St. Vincent im Jahre 1902 nur altes Material gefördert hat. Ein Vergleich der miozänen Laven des Bogens mit den miozänen Gesteinen der Panamazone lehrt, daß sie natronärmer, aber reicher an CaO und MgO sind mit L-Werten zwischen 70 und 60, während die Panamagesteine sich zwischen  $L = 75$  und 65 bewegen. Das Ursprungsmagma ist also melanokrater gewesen.

Charakteristisch für die Antillenprovinz ist das peléanische Magma mit seinen hohen C-Werten, hohem Anorthitgehalt, der melanokrate Kalk ist verschwindend klein oder gar negativ, d. h. es ist ein Tonerdeüberschuß da, der häufig zur Cordieritbildung führen muß und nicht durch Verwitterung bedingt ist. Seit der oberen Kreide treten diese provinziellen Merkmale in Erscheinung.

#### 4. Der mexikanische Vulkangürtel.

(Karte Tafel IV)

Genetisch gehört die mexikanische Vulkanzone bereits zu Nordamerika, um aber die Zusammenhänge beider Kontinente zu erfassen, wurde dieser Raum in der geologischen Übersicht an dieser Stelle mitbehandelt; so mögen die politischen Grenzen es rechtfertigen, daß die mexikanische Feuerzone in diesem Kapitel geschildert werde. Bei den zahllosen vulkanischen Einheiten, die vielfach nur dem Namen nach bekannt sind, ist es unmöglich, eine vollständige Beschreibung aller Einheiten zu geben. Die Schilderung kann sich daher nur auf die Vulkanbauten erster Ordnung, soweit sie einigermaßen bekannt sind, beschränken. Die Karte von Aguilera trägt innerhalb des mexikanischen Gebiets 186 Einheiten ein, auch sie ist noch nicht vollständig, so fehlen z. B. die Vulkane des Gebiets von San Martin, Tuxtla.

Vom San Martin (Tuxtla) bis zum Colima läuft die breite Vulkanzone auf eine Entfernung von über 1000 km quer durch das Land und beginnt nördlich von Puerto Mexiko an der atlantischen Golfküste. Nur ein einziger wirklich tätiger Vulkan, der Colima, gehört der Reihe an, die übrigen sind entweder erloschen oder haben in historischer Zeit nur dann und wann Ausbrüche gehabt oder sind solfatarisch tätig gewesen. Die eigentlichen großen Kegelberge bauen sich aus andesitischem Material auf, während dünnflüssige Basaltströme aus Boccen am Fuße der Kegel als Ströme von gewaltiger Ausdehnung ausfließen.

Das Vulkangebiet von San Martin, Tuxtla, im Staate Vera Cruz, das von Friedländer und Sonder beschrieben wurde, baut sich über wellig gefalteten, miozänen Sanden und Kalken auf. Die Laven sind basaltischer Natur, vom Charakter der Aa-Laven und nicht von andesitischen Kegeln ab-



hängig. Da die obersten miozänen Lagen bereits vulkanisches Material enthalten, geht der Anfang ihrer Tätigkeit bis in jene Zeit zurück. Mit dem Cerro San Juan de Volador, 100 m, beginnt im Osten die Zone, unmittelbar an der Küste. Es folgt San Martin bei Papayan, 1260 m, der bereits einen älteren Eindruck macht. Vulkan San Marta, 1525 m, mit dicht bewaldetem Krater; nach indianischer Tradition habe der Berg geraucht und Feuer gespien, das muß aber schon lange zurückliegen. Der Cerro Campanario, ca. 1600 m, ist ein kleiner glockenförmiger Schlackenkegel. Alle diese Vulkane krönen die Sierra de Acajucan. Es folgt nun der große Einbruchskegel des Catemacosees, 360 m, umgeben von einer Anzahl kleiner, recht frischer Ausbruchskegel: im Osten gegen den Campanario angeblich ein kleiner Kratersee, der Rücken des Cerro Vigia, im Süden Cerro Cintepec und Nopotepec, ca. 900 m, im Norden die Kegel der Mono-Blanco-Gruppe, mit vier kleinen Kraterseen.

Die nächsten Ausbruchspunkte liegen in der Nähe von San Andres, der Cerro Venado, 730 m, und der Laguna Encantada, die Reihe endet im Cerro Santiago, 1200 m, einem isolierten Vulkanmassiv, das von der Erosion schon stark mitgenommen ist und keinen Krater mehr erkennen läßt.

Der Hauptvulkan des Gebietes ist der San Martin, Tuxtla, 1550 m,  $18^{\circ} 30' 30''$  N. Br.,  $95^{\circ} 14'$  W. L. Er liegt anscheinend auf der Kreuzungsstelle zweier Spaltensysteme, die N—S vom Cerro Venado über die Ausbruchspunkte von Rio Grande und vom Santiago in NO-Richtung über die Maare von Tatocapan, Laguna Cuyapan, Cerro Cenizo zum großen Vulkan führen.

Der San-Martin-Vulkan besitzt einen stark zerschnittenen Hang; in seinem Krater befinden sich zwei Eruptionskegelchen, die sich anscheinend 1793 gebildet haben. Von ihrem Fuß nahm der Blocklavastrom seinen Ausgang, der dann nach Norden abgeflossen ist und einen Lavatunnel erzeugt hat. Der Berg hat eine Anzahl von Ausbrüchen in historischer Zeit erlebt: ein Aschenausbruch 1664 15. Jan., vielleicht gehört der Strom auf der rechten Seite des Arroyo Secco gegen Monte Pio diesem Ausbruch an. 1793 2. bis 4. März heftiger Aschenfall und Lava in diesem Jahre gegen Monte Pio. 1829 nur noch erhöhte Fumarolentätigkeit.

Weitere Ausbruchspunkte liegen noch westlich von dem Vulkan, etwa 13 km. der stark verwitterte Mono Blanco, 1150 m, und sein namenloser Nachbar, 1100 m.

Mit der fast N—S verlaufenden vulkanischen Sierra Negra beginnt die Zone der mexikanischen Andesitkegel. Der oft abgebildete, schneegekrönte Pik von Orizaba oder Citlatepetl = Sternenberg, 5675 m,  $19^{\circ} 2' 2''$  N. Br.,  $97^{\circ} 19' 26''$  W. L., beginnt die Reihe der Vulkanriesen. Er ist nach



## Zusammensetzung

| S. 520 |                | Vulkangebiet von Tuxtla           | L M   |       |
|--------|----------------|-----------------------------------|-------|-------|
| 8      | Basalt         | San Martin, Tuxtla, Ausbruch 1793 | 52,00 | 57,12 |
| 6      | Basalt         | Schlot des Mono blanco            | 45,84 | 72,82 |
| 5      | Basalt         | Nopotepek, Laco Catemaco          | 43,48 | 67,88 |
| 2      | Basalt         | St. Marta, Tuxtla, Kraterrand     | 49,72 | 41,68 |
| 10     | Basalt         | Cerro Santiago de Tuxtla, Somma   | 24,64 | 91,92 |
| 7      | Basalt         | Eyipantlafall, S. Andres          | 45,08 | 64,00 |
| 3      | Basalt         | Mündung Rio Salado                | 53,16 | 50,86 |
| 1      | Basalt         | S.-O. San Martin bei Papajan      | 60,72 | 37,84 |
| 4      | Pyroxenandesit | Bastonal, Sierra Acajucan         | 60,84 | 19,32 |

Ordoñez im Pliozän entstanden. Der Pik ist ein gigantischer Kegel von seltener Regelmäßigkeit und vom Chimborazotypus, mit tiefem Krater. Die Durchwärmung der Kraterränder durch die Exhalationen läßt in den Sommermonaten die Schneekappe schmelzen. Auf der Nordseite bilden sich kleine Gletscher. Auf der Südseite sind zwei sehr gut erhaltene Lavaströme wahrzunehmen, die aus dem 16. oder 17. Jahrhundert stammen. An sicheren Ausbrüchen ist zu verzeichnen: 1545 mit Lavaförderung, die Tätigkeit dauerte bis 1565. Weitere Lavaausbrüche 1566, 1613, 1687. Seitdem stieg die Aktivität nicht über das solfatarische Stadium. Nach dem Erdbeben vom 3. Jan. 1920 soll der Vulkan nach Zeitungsberichten geraucht haben. Nach Oddone ist das Erdbeben jedoch rein tektonischer Natur gewesen.

Noch einmal kulminiert die Sierra Negra im Norden in dem erloschenen Coffrede Perote, Nauhcampatepetl, 4260 m, 19° 29' 30" N. Br., 97° 12' W. L. Im S und SO des Orizaba finden sich eine Anzahl kleiner Vulkankegel und Maare.

Die folgende Gruppe, die man als Derrumbadecogruppe zusammenfassen kann, es sind wenigstens zehn größere Einheiten, ist erloschen. Bemerkenswert ist der Pizarro, ein Rhyolithkegel, oben abgestumpft, mit einem spitzen aufgesetzten Kegel. Nicht mehr zum jungen Vulkanbogen gehörige ältere Vulkangruppe in Oaxaca ist die zwölf Einheiten umfassende Gruppe des Gavilan, der auf alten Gneisen ruht. Von den Bergen ist kaum mehr als der Name bekannt.

Im jungen Vulkangürtel folgen weiter Malinche, Malintzin, Metlalcueyatl, 4460 m, 19° 13' 48" N. Br., 98° 5' 30" W. L., eine isoliert aus der Ebene aufsteigende Vulkanruine ohne Krater, der seine Tätigkeit nach Ordoñez Ende Miozän begonnen hat, ferner der Tecajefe, beide Vulkane liegen in der Umgegend von Puebla, ebenso der firngekrönte Ixtaccihuatle (Weiße Frau), 5286 m, 19° 10' 40" N. Br., 98° 42' W. L., ein lang-



der Laven.

| Q       | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge                         |
|---------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|--|
| — 9,12  | 4,71 | 3,58 | 1,23             | 14,96 | 7,62  | 3,98 | 4,00 | Rezent 1793                            |
| — 18,66 | 4,11 | 3,24 | 0,56             | 21,10 | 8,57  | 4,22 | 5,04 | Postquartär<br>Quartär                 |
| — 11,36 | 3,23 | 4,41 | 0,46             | 18,60 | 10,29 | 2,26 | 5,58 |  |
| 8,60    | 3,71 | 5,01 | 0,78             | 9,27  | 6,75  | 2,14 | 5,36 |  |
| — 16,56 | 2,81 | 0,54 | 0,47             | 27,40 | 13,07 | 3,78 | 3,42 | Pliozän                                |
| — 9,08  | 3,47 | 4,33 | 0,78             | 17,83 | 8,44  | 2,93 | 5,60 |  |
| — 4,02  | 4,15 | 4,99 | 0,50             | 12,98 | 7,11  | 3,19 | 4,30 |  |
| 1,44    | 4,78 | 5,62 | 0,99             | 7,67  | 6,82  | 1,08 | 6,70 |  |
| 19,84   | 5,14 | 4,93 | 2,13             | 3,42  | 2,47  | 1,58 | 4,38 | Beginn der Eruptionen<br>im Obermiozän |

gestreckter Kamm, der erloschen ist und nach Ordoñez Anfang Pliozän entstanden ist. Die Fortsetzung dieses Rückens trennt die Ebene von Puebla von der Wanne von Mexiko und führt zu dem bekanntesten mexikanischen Vulkan, dem Popocatepetl. Der Rücken trägt noch einen gut erhaltenen Aschenkegel, den Cerro Cortéz, wie überhaupt zu beiden Seiten dieser Verbindung eine größere Zahl frischer Ausbruchspunkte zu finden sind, doch sind ihre Ausbrüche vorgeschichtlich. Ixtaccihuatl und Popocatepetl sind konjugierte Vulkane, Geschwistervulkane im Sinne Sappers.

Der Popocatepetl, „rauchender Berg“, 5452 m, 19° 1' 17" N. Br., 98° 41' 17" W. L., endet in einem ebenmäßigen Kegel mit Gipfelkrater von 600—400 m Durchmesser, Kraterboden 200—250 m unter der tiefsten Scharte des Randes. Die Schneebedeckung ist bei der erhöhten Tätigkeit des Jahres 1920 bis auf den Gletscher verschwunden. An Stelle der grünen Lache im Krater hatte sich eine 45—50 m hohe Staukuppe gebildet. Der Vulkan befindet sich in einer mehr oder weniger gesteigerten solfatarischen Tätigkeit. Er war in den letzten 200 Jahren relativ ruhig. Ausbrüche werden vermeldet: 1354, 1519—1523, mit Förderung von Lockerprodukten, 1530, 1539 explosiv, 1542, 1548, 1571, 1592, 1642, 1664 explosiv, 1665, 1666, 1697, 1720. Größere Ausbrüche sind aus dem 19. Jahrhundert nach Waitz nicht sicher verbürgt. Erst im Oktober 1920 setzte eine lebhafte, bis zur Explosion gesteigerte solfatarische Tätigkeit ein, mit Bildung eines Staukegels. Bis 1927 blieb dieser Charakter unverändert. Der Berg ist nach Ordoñez im Pliozän entstanden.

Der nächste große Vulkan ist der Ajusco, Aljojuco. Cuaunexatle, 3951 m, 19° 12' 30" N. Br., 99° 20' W. L., er und andere hohe vulkanische Gebirgsmassen schließen das Becken von Mexiko gegen das Balsatal und die Tolucaebene ab. Er ist nach Waitz völlig erloschen, sein Krater gegen NW geöffnet, Entstehung nach Ordoñez Ende Miozän. Ein großer basaltischer



Lavastrom, der Pedregal von Tlalpam, geht von seinem Fuß aus, er ist in prähistorischer Zeit ausgeflossen. Gut erhaltene parasitäre Ausbruchspunkte und Kraterseen sind an den Hängen des Berges sehr häufig.

Der kleine Aschenkegel des Xitle, auf dem Nordabhang des Ajusco, ist dadurch berühmt geworden, daß von ihm einer der größten Lavaströme, der Pedregal de San Angel, seinen Ausgang nahm. Die Eruption fand am Beginn der mexikanischen Zeitrechnung vor 1325 der Aztekenzeit, vielleicht noch viel früher statt. Der Strom einer dünnflüssigen Basaltlava stürzte die steilen Gehänge des Ajusco herunter und breitete sich fächerförmig in der Ebene von Mexiko aus, etwa 70 qkm bedeckend. Der Stirnrand mißt 8 km, seine Mächtigkeit 8—10 m, Länge 12 km. Im Inneren des Lavafeldes finden sich zahlreiche Lavahöhlen, mit Lavastalaktiten an der Decke. Ein verzweigtes System von Kanälen und Schläuchen verbindet die Höhlen. Eine Anzahl kaminartiger Explosionskanäle durchsetzen den Lavastrom, von der unterlagernden Asche senkrecht zur Oberfläche aufsteigend, wo sie in einer kleinen Einsenkung münden. Wittich deutet dieselben als phreatische Explosionen überhitzten Grundwassers.

Erloschen ist der nächste Vulkanriese der Nevado de Toluca, Xinantecatl, 4565 m, 19° 11' 20" N. Br., 99° 51' 27" W. L. Der Krater der Vulkanruine ist noch deutlich erhalten und besitzt eine elliptische Gestalt von 1431 und 595 m Durchmesser. Zwei Seen, getrennt durch eine 100 m hohe Dombildung, erfüllen ihn, der Dom besteht aus Hornblendehypersthenandesit. Moränenwälle am Fuße des Außenkegels lehren, daß der Vulkan schon lange untätig ist. Er baut sich über Kreidekalken auf und hat nach Aguilera im Pliozän seinen Anfang genommen.

Der Jorullo, 1320 m, 18° 51' 12" N. Br., 101° 49' W. L., erhebt sich aus dem Grunde eines Amphitheaters von 14 km Durchmesser, das in die Flanke des Plateaus der Mesa Central eingeschnitten ist. Die Plateauränder erreichten 1700—2100 m Höhe. Die Geburt des Vulkans im September 1759 unter den Augen des Menschen rief in der ganzen Welt ein begreifliches Aufsehen hervor und erregte das besondere Interesse Alexander v. Humboldts, der die Gegend 44 Jahre später besuchte und dort Beweise für die Buchsche Hebungstheorie suchte.

Den Untergrund bilden Quarzmonzonite und Diorite unbekannten Alters, die auch als Einschlüsse von den Laven heraufgeholt wurden. Darüber liegen die alten Plateaubasalte, Ba, auf der in Tafel III beigegebenen geologischen Karte nach Ordoñez. Sie sind dichter als die jungen, hellgrau und olivinreich und führen im Gegensatz zu den jungen Basalten nach Felix und Lenk auch Nephelin. Größere Kegel bauten sich über diesen Decken auf, wie der Cerro Bonete, Cerro del Saucito, Cerro Blanco und andere. Sie sind mit vulkanischen Sanden bedeckt. Die jüngeren Basaltkegel, Bc, umgeben kranzförmig das



Gebiet, das zum Schauplatz des gewaltigen vulkanischen Ausbruchs werden sollte, z. B. Cerrito de la Cruz im Norden, Cerro del Veladero, 728 m, im Westen und andere mehr. Dies war der Untergrund, den die große Eruption von 1759 vorfand. Der Erguß gewaltiger Lavafluten, die die Malpays des Jorullo schufen und wertvolles Zuckerkulturland begruben, fällt in die dritte Phase nach dem 13. Nov., während die beiden ersten Phasen explosiver Natur waren. Sie nahmen ihren Ausgang vom Fuß des vertikalen Plateaubruchs, folgten dem Terraingefälle nach Westen, umflossen entgegenstehende Hindernisse, wie den Dolerithügel des Cerro Partido, stauten sich an dem Cerrito de la Cruz und Veladera. Sie müssen eine Mächtigkeit von Hunderten von Meter besessen haben, da ihre vielfach gelappte Stirnseite noch eine 40—50 m hohe Mauer bildete. Drei Ströme sind auf diese Weise übereinander geflossen, und zwar in relativ kurzen Zeitabständen. Der erste, mit I bezeichnete, ist der größte, er deckt ein Rechteck von 3 und 2,8 km Kantenlänge und  $8\frac{1}{2}$  qkm Fläche. Strom II ist etwa halb so groß, Strom III sehr viel kleiner. Sapper schätzt die gesamte Lavaförderung auf 0,3—0,5 cbkm. Die Oberfläche ist außerordentlich uneben, rau, die Lava vom Typus der Aa-Lava. Kleinformen des Vulkanismus sind häufig zu beobachten. Kuppeln, Kegel, Hornitos von 1—7 m Höhe. Humboldt fand in einem Hornito noch eine Temperatur von  $100^{\circ}$ , so daß die Lavamassen sich sehr langsam abgekühlt haben müssen.

Es scheint mir nicht zweifelhaft, daß so gewaltige Lavafluten das Ergebnis einer Lineaeruption gewesen sind. Die gradlinige Reihung der vier jüngsten Kegel — es sind vier und nicht sechs, wie oft behauptet wird — kann ungezwungen nur als der Verlauf der Spalte gedeutet werden. Nach dem Erguß des Stroms III geht die Eruption in eine Zentraleruption über. Die Spalte streicht NO  $20^{\circ}$  SW und hat eine Länge von 3,4 km. Alle vier Kegel bauen sich aus Lapilli, Basaltfragmenten und Asche auf, gegen Ende der Eruption stellen sich Bomben jeder Größe ein, sie sind daher zu gleicher Zeit tätig gewesen.

Zuerst hat sich der Volcancito d'En medio, 1040 m (rel. 55 m), gebildet, mehr als die Hälfte wurde wieder zerstört. Dann folgt der Volcancito del Sur (Agua Escondida), 1095 m (rel. 120 m), der nördlichste ist der Volcancito del Norte, 1190 m (rel. 115 m). Dazwischen schiebt sich der Hauptkegel des Jorullo, 1320 m (rel. 400 m im W und 175 m im O), er ruht im W auf Strom II, im O direkt auf Plateaubasalten auf. Seine Böschung beträgt  $28\text{—}35^{\circ}$ . Aus seinem Krater ist der Lavastrom IV geflossen, der sich in zwei Äste am Hang des Norte teilt. Der Kraterrand kulminiert im Pico de Riaño, 1320 m, und im Pico de Humboldt, 1310 m, der Kraterboden liegt in 1171 m Höhe und mißt N—S 520 m, O—W 385 m. Deutlich markieren sich an den Kraterwänden zwei Niveaustufen der auf- und absteigenden Lava. Der Ausfluß des Stroms IV muß sehr rasch erfolgt



|        |                |                           | Zusammensetzung |       |
|--------|----------------|---------------------------|-----------------|-------|
| S. 524 |                |                           | L               | M     |
| 3      | Basalt         | Strom IV. Jorullo 1759    | 61,64           | 41,20 |
| 4      | Basalt         | Hornito, Malpais, Jorullo | 61,72           | 38,86 |
| 2      | Basaltbombe    | Volcancito del Sur        | 64,84           | 31,18 |
| 1      | Nephelinbasalt | Plateau de La Higuera     | 62,92           | 42,96 |
| 5      | Diorit         | Grand de Krateres Jorullo | 64,09           | 6,66  |
| 6      | Diorit         | Cerro de Perico           | 61,68           | 22,02 |

sein, die Lava floß durch einen Tunnel ab, dessen Dach später einstürzte und als Hohlform, die Calle de las Ruinas, hinterließ.

Wie die großen Mengen Lockerprodukte beweisen, ist die Eruption auch von heftigen Explosionen begleitet gewesen. Die ganze Gegend wurde mit Asche und vulkanischem Sand bedeckt. Sapper veranschlagt die Menge der Lockerprodukte auf fast das gleiche Volumen der ausgeflossenen Laven.

Waitz fand in Berichten von Augenzeugen, daß zwei Tage nach dem stärksten Paroxysmus auch Glutwolken den Ausbruch begleitet hätten. Sie rollten den Barranca de Cuitinga herab, der heute unter dem Malpay begraben liegt. Damit rückt dieses Phänomen in eine erste Ausbruchsphase vor dem Erguß der Lavafluten. Schlammströme spielten dann weiter eine Rolle. Man kann diese Ereignisse in die Monate Sept. und Okt. verlegen. Die Alberca Grande, 1075 m, und Chiquito, im Osten des Vulkans, sind die Reste des Talabschlusses des begrabenen Entwässerungssystems, das heute seinen Weg im Norden und Süden der Malpay zu nehmen gezwungen ist. Die letzten Manifestationen der Tätigkeit bestehen in Fumarolen des Kraters. Eine schwache Fumarole war 1906 noch nachweisbar.

Der nächste größere Vulkan des Bogens ist der Tancitaro, 3859 m, der höchste Berg von Michoacan, 19° 5' N. Br., 102° 11' 30" W. L., eine stark abgetragene Vulkanruine. Nach Waitz sind die kleinen basaltischen Vulkankegel im W, S, SW und SO des Vulkans jünger, die basaltisch-andesitischen Kraterkegel im NW des Berges, in der Gegend von Tinguindín oder Huarache etwas älter.

In der Ebene von Bajío bei Valle de Santiago weiter nördlich in 20° 20' N. Br., 101° 10' W. L. liegen auf 20 qkm zusammengedrängt ein Dutzend kleiner Aschenkegel und Maare auf einer 12 km langen, NNW—SSO streichenden Linie gereiht. Der Untergrund besteht aus Basaltlaven und Tuffen. Der Krater des Rincon, 2 km Durchmesser, reitet auf dem Kraterlande des St. Rosa. Die Laven sind Basalte, ihr Alter sehr junglich (Ordoñez).

Weiter westlich in der Gegend von Zamora, 102° 20' W. L. beschreibt Waitz aus dem O—W streichenden Grabenbruch des Chapalasees ein



## der Jorullolaven.

| Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO    | FeO  | Mt   | Eruptionsfolgen |
|--------|------|------|------------------|-------|--------|------|------|-----------------|
| — 2,84 | 4,12 | 7,17 | 0,58             | 11,86 | 2,17   | 6,37 | 0,40 |                 |
| — 0,58 | 3,62 | 8,19 | 0,57             | 11,28 | 1,66   | 5,53 | 1,92 |                 |
| 3,98   | 3,54 | 9,13 | 0,61             | 11,26 | 0,49   | 2,52 | 2,64 |                 |
| — 5,88 | 4,47 | 6,79 | 0,62             | 12,37 | 3,00   | 5,81 | 0,60 |                 |
| 29,25  | 6,59 | 2,70 | 3,71             | 1,51  | — 0,57 | 1,68 | 0,28 |                 |
| 16,30  | 5,17 | 5,08 | 1,94             | 5,44  | 1,26   | 3,97 | 0,66 |                 |

interessantes Geysirfeld aus dem Tale von Ixtlan bei der Ortschaft Salitre. Zwischen zwei jungen Basaltströmen liegt das sumpfige Tal, Tuffe und Aschenlagen bilden den Untergrund, durch die Einwirkung der Dämpfe zu kieseligen Tuffen verhärtet. Sie werden von drei verschiedenen Breccien überlagert, von denen die unterste menschliche und tierische Knochenreste enthält, also sehr jung ist. Die Dämpfe und Wässer enthalten HCl, SO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Waitz zählte in den Monaten April bis Juni 1905 600 Schlammputzen, Schlammvulkane, Ausolen und Geysirbecken. Die größeren Geysire sind: Pozo de los Baños, tätig, Temperatur 93,5°, Pozo del Coyote, alle zwei Stunden tätig, T. = 93°, Pozo del Carbon, alle zwei Stunden tätig, T. = 93°, Pozo Blanco desgleichen, Geysir de Salitre, ferner Geysir Tribulario, T. = 93,5°, Pozo Verde, T. = 93,5°. Die Tätigkeitsperioden hängen natürlich stark von der Niederschlagsmenge ab.

Wir gelangen nunmehr zur Schilderung des einzigen, dauernd aktiven Vulkans Mexikos, dem Colima. 8 km nördlich liegt die andesitische Vulkanruine des Nevado de Colima, 4360 m, eines Vulkanes ohne Krater vom Coto-cachitypus. Der stark bewaldete Berg erscheint von N gesehen als steiler Pik, von W gesehen sind seine Konturen zweigipflig. Ein steiler Grat, der Picacho de Nevado, zieht sich nach Süden. Dieser Grat schließt die tiefe Hohlform der „Joya“ ab, die durch Erosion geschaffen und nicht als Krater gedeutet werden darf. Aus der Südflanke des Nevado wächst der Colimakegel heraus, von seinem Nachbar durch einen interkollaren Raum, das Atrium de la Playa getrennt, eine Ebene in 3000 m aus Aschentuffen und Sanden.

Der Colima, 3800 m, 19° 25' N. Br., 103° 43' W. L., besaß bis zur Hälfte des vorigen Jahrhunderts die Form eines sehr regelmäßigen Kegels mit abgestumpfter Spitze. Über seine älteren Ausbrüche weiß man sehr wenig, genannt werden die Jahre 1749, 1770, 1795, 1804, 1806, 1808—1818. Nach Waitz bestand 1818 eine Steigerung bis zur vesuvianischen Phase, gewaltige Glutwolken brausten den Kraterhang herab, die Lava stieg im Krater in die Höhe. 1828 und 1869. Dieser Ausbruch störte die bisherige Symmetrie des Kegels. Er begann im Juli mit einer verstärkten Rauchentwicklung. Es entwickelte sich in der Folgezeit auf dem NO-Hang des End-



kegels ein parasitärer Kegel, Volcancito, 3620 m, aus seinem Krater flossen mächtige Lavaströme in die Playa herab. 1872 waren beide Krater tätig, 1873 nur der Hauptkrater. 1877 und 1884 war nur eine erhöhte Tätigkeit zu vermerken. Eine neue Periode begann mit dem 26. Dez. 1885, beide Krater waren tätig, der Volcancito schwächer, sie förderten Dampf, Asche und Bomben, auch kleine Lavaströme. Auf der SW-Seite in geringer Entfernung vom Hauptkrater bildete sich eine elliptische Höhlung, die heiße Steine auswarf. 1886 füllte sich der Hauptkrater mit Lava. 1889, 1890, 1903 erhöhte Tätigkeit. 1906 war der Krater durch einen Lavafropfen aus Blocklava verstopft, Solfataren entströmten ihm. Am 20. Jan. 1913 entquollen mächtige Dampf Wolken dem Gipfelkrater, es erfolgte eine gewaltige Explosion, die nach Waitz 5—10 cbkm Lockermaterial förderte, sie entstammten dem Hauptkrater.

Eine große Anzahl Glutwolken strömten wie „Wasser“ radial den Berg herab und folgten den Furchen und Tälern. Sie hinterließen Ablagerungen von 20, ja 40 m Mächtigkeit. Waitz veranschlagt das durch die Glutwolken abgelagerte Material auf 0,05—0,1 cbkm. Ein ganz gehöriger Teil des Kegels wurde durch diese Eruption in die Luft geblasen. Da während des Paroxysmus stärkere Bodenbewegungen in der Umgebung des Vulkans nicht wahrgenommen wurden, schließt Waitz, daß der Sitz der Explosion innerhalb des Kegels und nicht in der Tiefe zu suchen sei.

1926 trat der Berg wieder in Tätigkeit.

Eine interessante Gegend ist das Tal von Guadalajara, 20° 30' N. Br., 103° 35' W. L., eine horstartig herausgehobene Kette rhyolithischer Berge begrenzt das Tal gegen Westen. Einer dieser Hügel „Coll“ zeigt an seinem SW-Fuß Solfatarentätigkeit und heiße Quellen. Dieser „Coll“ wird für die Erdbebenschwärme von Guadalajara verantwortlich gemacht. Zu demselben Zug gehört der ebenmäßig abgestumpfte Rhyolithkegel des Cerro Tequila mit einer Felsnadel vom Pelétypus. Auf der N- und NW-Seite fand Waitz ausgedehnte Rhyolith- und Obsidianströme. Nach NW folgt das Rhyolithmassiv der Sierra de Santa Maria, gegen Osten der Stratovulkan Cerro de Amatitan, endlich im Norden der Stadt der Cerro Grande, ein alter Andesitvulkan. Alle diese Berge sind erloschen, auch die jungen Kraterkegel Cerro Gachupin und Santa Maria im SW der Stadt.

Der nächste tätige Vulkan ist der Ceboruco, Vulkan von Ahuacatlan, 2164 m, 21° 22' N. Br., 104° 42' W. L. Der Vulkanbau ist in seinen Anfängen nach Ordóñez im Pliozän entstanden. Über seine ältere Ausbruchstätigkeit ist nichts Sicheres bekannt. Am 21. Febr. 1870 begann der Ausbruch mit Dampf Wolken, Asche, am 23. Febr. folgten absteigende Glutwolken, die letzte Phase lieferte einen Lavastrom aus der Bocca des Arroya de los Cuates am 27. Febr. Der Strom erreichte 7,5 km Länge und blieb zwei Jahre beweglich. 1875 kam der Ausbruch zur Ruhe.



Mit dem Cerro de Tepic oder Cerro de San Juan (Sanguay), 1859 m, in etwa  $21^{\circ} 38'$  N.Br.,  $104^{\circ} 40'$  W.L. erreicht der mexikanische Vulkanbogen die Küste. Der Vulkan soll im Jahre 1742 tätig gewesen sein.

In Sinaloa und Sonora und den nach Osten angrenzenden Gegenden des mexikanischen Hochlandes, der sog. „Mesa“, verzeichnet die Karte von Ordoñez noch zahlreiche Vulkane, die aber sämtlich erloschen sind. Besonders in der Umgebung von Durango häufen sie sich. Junge Ausbruchspunkte und Laven erwähnt Waitz von Mazatlan und Guayamas in Sinaloa, ferner Maare, aus dem Gebiet der Papayes-Indianer im nördlichen Sonora. Ein jugendlicher Vulkan ist endlich der Pinacate, 1636 m, an der Grenze, am Nordende des Golfs von Kalifornien.

### Niederkalifornien.

Die weitere Fortsetzung des mexikanischen Vulkangürtels ist auf der Halbinsel Niederkalifornien zu suchen.

Die Halbinsel besteht nach Heim aus drei Zonen:

1. Das Kapgebirge oder die Sierra de la Victoria, ein N—S streichender Zug aus alten kristallinen Schiefern, Gneisen, Marmoreinlagerungen und granodioritischen Intrusionen. Er läßt sich vom Kap St. Lukas gegen La Paz verfolgen. Es ist dies ein Stück des alten kristallinen Riegels der Sierra Madre de Sur, der sich über Kap Corrientes und die Inseln Las Tres Marias zum Kap St. Lukas fortsetzt.

2. Das Magdalena- oder pazifische Küstengebirge, von den Inseln Margarita—Magdalena—Cap St. Lázaro—Sierra Santa Clara—Sierra Pintada—Cap San Eugenio—Cedrosinseln verlaufend. Diese Zone besteht aus grünen Gesteinen, Grünschiefer, Amphiboliten, Chloritschiefern, Dioriten.

Diese grüne Zone kündigt den Rand des Untergrundes des Pazifischen Ozeans an. Eine ähnliche Zone tritt auf der Halbinsel Azuero und Nicoya im Panamagebiet auf.

3. Das Tafelgebirge oder die Zentralzone. Junge Sedimente, mittlere und obere Kreide, Eozän, Oligozän, diskordant, darüber Miozän, Pliozän und Pleistozän. Zwischen  $24^{\circ}$  und  $26\frac{1}{2}^{\circ}$  N. Br. sind alle Schichten einschließlich Pleistozän mehr oder weniger schwach gefaltet und gestört. Die Basalte durchbrechen gangförmig die gefalteten miozänen Sandsteine. Ihr Alter dürfte der Mehrzahl nach pliozän sein. Die Lavadecken als Zeugen und Gipfelkappen sind jedenfalls älter als die Durchtalung. Die jüngeren Lavaströme mit gut erhaltenen Oberflächen sind diluvial oder postdiluvial, die Aschenkegel postdiluvial, vorhistorisch.

La Giganta, 1766 m, ist kein Vulkan, sondern besteht aus horizontalen



miozänen Sandsteinen und Konglomeraten, die nach oben unter Wechselagerung in grobe Basaltbreccien übergehen.

Junge Vulkane finden sich zwischen Comondu und der Oase Purisima, zwischen  $26^{\circ}$  und  $26^{\circ} 15'$  N.Br. und  $111^{\circ} 45'$  und  $112^{\circ}$  W.L. Es sind:

Cerro Colorado, 730 m, ein breiter Kegel, El Pabellón, 870 m, der höchste Berg, ein schlanker Vulkan, er trägt eine Lavakappe mit Resten eines Lavasees. Die Hochfläche besteht aus brauner Blocklava.

Jesus del Monte, 800 m, mit einer nach W geöffneten Bocca. Der Vulkan sitzt auf einer Schulter von dunkelbrauner Blocklava, 550 m hoch, auf; Tresonte, 716 m, breiter Kegel mit Bocca nach Osten; an seinem Südfuß und Hang quellen Blocklaven hervor. Die vier Vulkane Santa Catalina dos Lirados, 700—730 m und endlich die beiden Cerrios, 700 m, sind prächtige Zwillinge über der Lavahochfläche.

Weiter nördlich in  $27^{\circ} 32' 5,8''$  N.Br. und  $112^{\circ} 40'$  W.L. liegt der Vulkan Tres Virgines, 1995 m, dreigipflig, der mittlere trägt einen Krater. 1746 hatte der Vulkan einen gut verbürgten Ausbruch, 1857 rauchte der Berg. Russel zählt den Santa Catalina oder Mt. Calamahue, 3089 m, etwa in  $31^{\circ}$  N.Br.,  $115^{\circ} 20'$  W.L., zu den Vulkanen.

Die niederkalifornische Halbinsel ist noch recht unvollkommen erforscht. Es ist anzunehmen, daß noch weitere junge Ausbruchspunkte auf der Ostseite zu finden sind. Die Karte von Ordóñez gibt in  $29^{\circ} 40'$  N.Br. einen Vulkan an. Weitere Vulkankegel sind aus der Ferne im Norden gesichtet worden.

Zwei weitere Ausbrüche lassen sich nicht näher lokalisieren.

Am 30. Okt. 1870 soll nahe dem Valle de San Rafael ein Aschen- und Lapilliausbruch erfolgt sein, der von San Diego aus beobachtet werden konnte (Sapper). In der Nähe von Fort Yuma, wohl jenseits der mexikanischen Grenze, ereignete sich 1877 ein Ausbruch, dessen Ursprung nicht näher bestimmt werden kann.

Über die Tätigkeit des mexikanischen Bogens mit Einschluß von Niederkalifornien lassen sich folgende statistische Feststellungen machen: Von 59 gezählten Einheiten waren drei nur explosiv und sechs effusiv tätig, das sind 15% tätige Vulkane, davon 10% effusiv und 5% explosiv. Doch sind diese Zahlen recht unsicher, da sich die Zahl der Vulkaneinheiten kaum zuverlässig feststellen läßt. Sapper ermittelte für die mexikanische Vulkanzone eine Reihungsdichte 1 : 130, eine Frequenz von 1801 bis 1904 von 46, eine Förderung seit 1500 an Lava von  $\frac{1}{2}$  cbkm, von Lockerprodukten von über 1 cbkm. Niederkalifornien ergibt eine Reihungsdichte von 1 : 1250 und eine sehr geringe Frequenz und Förderung.



## Die mexikanische Magmaprovinz und ihre Eruptionsfolgen.

Die Ausläufer des Rocky-Mts.-Stammes reichen im Osten in den mexikanischen Raum hinein. Mit der Laramiefaltung sind granodioritische Intrusionen aufgedrungen, deren Alter eozän ist. Als Beispiel mag Conception del Oro, 24° 40' N. Br., 101° 20' W. L., ein Intrusivkörper in Jura, Kreide, mit folgender Zusammensetzung dienen (vgl. S. 524):

| Conception del Oro<br>Aranzazu |         | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Alter:<br>Eozän |
|--------------------------------|---------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|-----------------|
| 13                             | Syenit  | 68,24 | 26,86 | 4,90  | 7,50 | 2,06 | 2,78             | 5,09 | 7,21  | 0,33 | 1,60 |                 |
| 12                             | Diorit  | 65,84 | 17,66 | 16,50 | 6,02 | 4,42 | 2,71             | 3,37 | 3,56  | 0,68 | 2,44 |                 |
| 11                             | Tonalit | 63,67 | 8,04  | 28,29 | 5,88 | 4,11 | 2,73             | 2,64 | —0,19 | 0,37 | 2,02 |                 |

Ebenfalls im Eozän, vielleicht im Obereozän, drangen foyaitische Intrusiva im Faltungsvorland in der Sierra Tamaulipas empor (vgl. S. 526):

| Sierra Tamaulipas<br>San José |  | L      | M     | Q       | A     | C      | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Alter:<br>Eozän |
|-------------------------------|--|--------|-------|---------|-------|--------|------------------|------|-------|------|------|-----------------|
| Camptonit                     |  | 72,56  | 56,10 | — 28,66 | 6,67  | 4,80   | 2,09             | 8,74 | 13,89 | 3,30 | 4,24 |                 |
| Tinguait                      |  | 117,92 | 10,44 | — 28,66 | 15,40 | — 0,66 | 3,76             | 0,74 | 1,30  | 0,57 | 1,26 |                 |
| Nephelinsyenit                |  | 101,16 | 10,00 | — 11,16 | 11,68 | 1,93   | 3,93             | 0,83 | 1,87  | 1,54 | 1,52 |                 |
| Monzonit                      |  | 70,36  | 43,08 | — 13,44 | 5,38  | 6,83   | 1,68             | 8,51 | 7,41  | 2,87 | 5,50 |                 |
| Monzonit                      |  | 70,60  | 33,00 | — 3,60  | 4,88  | 7,89   | 1,04             | 8,66 | 5,31  | —    | 5,06 |                 |

Um den alttertiären Vulkanismus zu gliedern, fehlt das Material. Der mexikanische Vulkanbogen beginnt sich im Obermiozän herauszubilden. Doch erst im Pliozän gewinnt das Bild an Klarheit. Es laufen zwei verschiedene Entwicklungen nebeneinander. Die Eruptionen der Zentralschlote sind andesitischer Natur, der Aufbau der Vulkanriesen ist während des Pliozäns im wesentlichen erfolgt, hat aber in das Quartär und darüber hinaus angedauert. Saure trachytische Andesite, Dazite eröffnen den Zyklus. Es folgen etwas basischere Hornblendeandesite und Hypersthenandesite. Die hohen Kegelberge mit ihren Krateröffnungen und Boccen in einem hohen Niveau waren nur noch für das leichtere andesitische Magma erreichbar, nicht mehr für den schweren Basalt. Die Tabelle S. 498 gibt ein Bild der Natur der andesitischen Magmen.

Die zweite Entwicklung spielt sich dem tieferen Niveau der Mesa ab. Lineareruptionen und Zentraleruptionen haben im Pliozän und auch noch im Quartär Decken- und Tuffhorizonte rhyolithischer Effusiva geliefert. Gleichzeitig erscheinen die Plateaubasalte. Wo beide zusammen vorkommen, sind die Basalte die jüngeren. Die Rhyolithe entsprechen denen des Yellowstone-Parkes in Nordamerika.

Die Plateaubasalte sind pliozän, quartär, postquartär und rezent. Die umstehende Tabelle gibt eine Übersicht über diese Reihe:



## Die mexikanische Magmaprovinz.

S. 520—528

|                   |  |       |       |       |      |      |      |      |        |      |      |                                 |
|-------------------|--|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------------------|
| Augitandesitbombe | Ocoite de Lindero, Colima                      | 62,16 | 32,52 | 5,32  | 6,12 | 3,30 | 1,21 | 7,06 | 4,62   | 2,58 | 4,00 | Recent                          |
| Augitandesit      | Colima, Adventivkrater 1869                    | 66,96 | 16,16 | 16,88 | 5,10 | 6,54 | 1,57 | 4,16 | 0,35   | 2,63 | 1,48 |                                 |
| Augitandesit      | Colima, O-Kraterand                            | 73,52 | 16,02 | 10,46 | 6,09 | 6,20 | 1,30 | 1,97 | 1,83   | 3,75 | 0,92 |                                 |
| Bimsstein         | Amecameca, Mexiko                              | 65,08 | 18,10 | 16,82 | 5,09 | 5,69 | 1,96 | 5,01 | 2,19   | 4,04 | —    | Ober-<br>pliozän bis<br>Quartär |
| Hypersthenandesit | Cerro Guerrero, Mexiko                         | 54,20 | 28,84 | 16,96 | 3,75 | 6,05 | 0,97 | 5,75 | 2,18   | 6,49 | —    |                                 |
| Hypersthenandesit | Hazienda Providencia, Nordfuß<br>Nevada Colima | 60,48 | 31,38 | 8,14  | 4,75 | 5,62 | 0,78 | 9,24 | 3,65   | 2,37 | 2,60 |                                 |
| Hypersthenandesit | Tlamacas, Popocatepetl                         | 60,76 | 30,82 | 8,42  | 5,21 | 4,77 | 1,18 | 8,94 | 2,95   | 2,30 | 2,44 | Pliozän                         |
| Andesit           | Malacate, Popocatepetl                         | 65,36 | 19,96 | 14,68 | 5,78 | 4,78 | 1,31 | 5,34 | 1,18   | 3,01 | 0,90 |                                 |
| Andesit           | Iztaccihuatl                                   | 66,54 | 18,56 | 14,90 | 5,07 | 6,49 | 0,69 | 5,78 | — 0,02 | 2,52 | 1,96 |                                 |
| Hornblendeandesit | Iztaccihuatl                                   | 63,90 | 22,24 | 13,86 | 4,94 | 5,88 | 1,64 | 6,11 | — 0,85 | 5,01 | —    | Pliozän                         |
| Hypersthenandesit | Ejutla, Oaxaca                                 | 64,72 | 22,22 | 13,06 | 4,57 | 7,04 | 0,57 | 3,12 | 5,65   | 0,16 | 4,36 |                                 |
| Pyroxenandesit    | Hazienda Huescalapa, Nevada<br>Colima          | 63,48 | 22,56 | 13,96 | 5,17 | 5,53 | 1,24 | 5,92 | 2,17   | 1,41 | 3,56 |                                 |
| Hypersthenandesit | Chapultepec, Mexiko                            | 66,28 | 14,32 | 19,40 | 5,88 | 4,81 | 1,52 | 4,15 | 0,88   | 1,03 | —    | Pliozän                         |
| Pyroxenandesit    | Bastonal, Sierra Acajucan                      | 60,84 | 19,32 | 19,84 | 5,14 | 4,93 | 2,13 | 3,42 | 2,47   | 1,58 | 4,38 |                                 |
| Andesit           | Sierro de Guadalupe, Mexiko                    | 67,72 | 12,18 | 20,10 | 6,06 | 4,81 | 2,66 | 2,69 | 0,49   | 2,91 | —    |                                 |
| Andesit           | Nevado de Toluca                               | 70,40 | 12,06 | 17,56 | 6,20 | 5,20 | 1,56 | 3,38 | — 0,72 | 1,93 | —    | Pliozän                         |
| Pyroxenandesit    | Piedra Rasa, Nevada de Colima                  | 67,04 | 24,72 | 8,24  | 5,87 | 5,02 | 1,43 | 7,30 | 3,39   | —    | 3,14 |                                 |
| Augitandesit      | Gipfel Nevada de Colima                        | 71,60 | 20,28 | 8,12  | 6,38 | 5,14 | 1,59 | 2,93 | 3,49   | 2,41 | 2,62 |                                 |
| Andesit (Dazit)   | Cerro de Tlapacoya, Laco Chaleo                | 63,36 | 11,86 | 24,78 | 5,18 | 5,40 | 1,00 | 3,21 | 3,71   | 1,85 | 1,74 | Pliozän                         |
| Hornblendeandesit | Insel Xico, Laco Chaleo                        | 61,44 | 13,10 | 25,46 | 4,74 | 5,88 | 0,51 | 3,21 | 5,59   | 1,09 | 2,42 |                                 |
| Trachyt (Dazit)   | Tlaxiaco, Oaxaca                               | 63,86 | 8,37  | 27,77 | 5,37 | 5,90 | 1,72 | 3,07 | — 0,14 | —    | 2,33 |                                 |



| Basalt        | Pedregal von Tlalpam              | 75,00 | 44,04 | -19,04 | 7,02 | 4,71 | 0,69 | 11,11 | 4,59  | 5,40 | 1,84 | Recent      |
|---------------|-----------------------------------|-------|-------|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------------|
| "             | Apatetpetl, Nevado de Colima      | 62,52 | 48,16 | -10,68 | 5,29 | 5,05 | 2,13 | 11,45 | 6,32  | 5,97 | 0,68 | Postquartär |
| "             | Salto de Anton, Cuernavaca        | 58,88 | 46,28 | -5,16  | 5,16 | 4,40 | 1,26 | 13,28 | 4,40  | 4,37 | 2,18 |             |
| "             | San Martin Tuxtla 1793            | 52,00 | 57,12 | -9,12  | 4,71 | 3,58 | 1,23 | 14,96 | 7,62  | 3,98 | 4,00 | Recent      |
| "             | S. Maria Atlixco, Puebla          | 51,88 | 58,62 | -10,50 | 5,44 | 2,09 | 1,37 | 12,21 | 10,03 | 4,57 | 5,00 | Postquartär |
| "             | Cerro S. Miguel, Puebla           | 56,68 | 51,74 | -8,42  | 5,89 | 2,39 | 1,04 | 10,90 | 7,25  | 6,18 | 1,88 |             |
| "             | Volcancito del Sur, Jorullo       | 64,84 | 31,18 | 3,98   | 3,54 | 9,13 | 0,61 | 11,16 | 0,49  | 2,52 | 2,64 | Recent      |
| "             | Cerro Guadalupe, Puebla           | 65,00 | 30,25 | 4,75   | 4,84 | 6,57 | 0,65 | 9,15  | 3,30  | —    | 5,35 | Postquartär |
| "             | Cerro S. Miquel, Adlixo Puebla    | 49,88 | 43,64 | 6,48   | 2,60 | 7,27 | 0,38 | 14,49 | 2,71  | 2,89 | 3,46 | Quartär?    |
| "             | San Marta Tuxtla                  | 49,72 | 41,68 | 8,60   | 3,71 | 5,01 | 0,78 | 9,27  | 6,75  | 2,14 | 5,36 |             |
| "             | San José Sierra Tamaulipas        | 76,24 | 28,90 | -5,14  | 5,05 | 8,96 | 1,45 | 7,54  | 2,65  | 1,26 | 6,00 | Quartär     |
| Trachydolerit | S. Rafael — Las.Comas,Aldammageb. | 49,64 | 55,34 | -5,18  | 3,80 | 4,81 | 0,84 | 10,41 | 8,43  | 6,17 | 5,52 |             |
| Obsidian      | Cerro de los Navajos, Tulancingo  | 63,20 | 2,80  | 34,00  | 7,68 | 0,44 | 2,44 | —     | 0,53  | 0,87 | —    |             |
| "             | " " "                             | 61,32 | 3,62  | 35,06  | 7,42 | 0,49 | 3,21 | 0,01  | 0,68  | 0,73 | —    |             |
| Rhyolith      | Oaxaca                            | 47,66 | 4,24  | 48,10  | 4,29 | 2,41 | 0,72 | 1,53  | -3,70 | 0,07 | 1,07 | Phozän      |
| "             | Cerro Mercado, Durango            | 62,34 | 2,09  | 35,57  | 7,58 | 0,39 | 3,82 | 0,45  | -0,14 | —    | 1,19 |             |
| "             | " " "                             | 62,16 | 5,51  | 32,33  | 6,54 | 2,03 | 5,06 | 1,50  | -1,72 | —    | 2,51 |             |
| "             | Ciudad de Rocas                   | 72,18 | 5,30  | 22,52  | 7,89 | 1,80 | 1,54 | 1,77  | -1,86 | —    | 1,64 |             |



## Anhang: Gesteinsanalysen und Parameter.

## Panama.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1                    | 2                   | 3                    | 4                    | 5                 | 6                 | 7      | 8     | 9                                   | 10                                  | 11                | 12    | 13      | 14                | 15    |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|--------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------|---------|-------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 59,41                | 59,13               | 51,72                | 65,17                | 60,03             | 62,23             | 60,20  | 50,83 | 64,16                               | 48,23                               | 51,04             | 48,94 | 63,51   | 69,20             | 60,41 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,73                 | 0,68                | 1,67                 | 0,96                 | 1,36              | 0,59              | 0,38   | 1,08  | 0,94                                | 1,00                                | 1,32              | 1,34  | 0,33    | 0,52              | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,18                 | 0,19                | 0,49                 | —                    | 0,41              | 0,04              | 0,17   | 0,66  | 0,23                                | 0,46                                | 0,25              | 0,28  | 0,19    | 0,10              | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,68                | 16,97               | 15,38                | 15,22                | 16,15             | 14,95             | 18,89  | 18,90 | 14,42                               | 14,69                               | 17,34             | 18,77 | 18,07   | 15,00             | 16,88 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,66                 | 2,18                | 3,35                 | 2,08                 | 5,25              | 2,04              | 2,15   | 2,95  | 2,72                                | 4,49                                | 2,88              | 4,89  | 3,22    | 1,57              | —     |
| FeO                            | 3,56                 | 4,31                | 7,91                 | 3,98                 | 2,67              | 1,52              | 1,97   | 6,86  | 2,65                                | 5,85                                | 7,33              | 4,77  | 1,09    | 1,83              | 6,07  |
| MnO                            | 0,14                 | 0,12                | 0,16                 | —                    | 0,15              | —                 | 0,08   | 0,19  | 0,11                                | 0,19                                | 0,13              | 0,83  | 0,06    | 0,15              | Sp.   |
| MgO                            | 2,10                 | 2,38                | 4,38                 | 1,19                 | 0,60              | 0,75              | 2,49   | 3,06  | 1,35                                | 6,73                                | 5,50              | 1,59  | 2,19    | 0,69              | 2,82  |
| CaO                            | 5,58                 | 7,69                | 7,84                 | 3,79                 | 3,91              | 3,10              | 6,22   | 7,92  | 3,24                                | 12,12                               | 9,79              | 11,50 | 5,14    | 1,88              | 5,93  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,51                 | 3,36                | 4,37                 | 3,71                 | 4,26              | 5,08              | 4,88   | 3,20  | 4,42                                | 2,55                                | 2,88              | 2,13  | 4,08    | 5,87              | 6,72  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,95                 | 2,57                | 0,47                 | 1,52                 | 3,45              | 1,26              | 2,05   | 2,44  | 2,42                                | 1,49                                | 0,53              | 1,14  | 0,88    | 1,81              | 1,02  |
| Sonstige Bestandteile          | CO <sub>2</sub> 0,14 | CO <sub>2</sub> Sp. | SO <sub>3</sub> 0,03 | CO <sub>2</sub> 0,32 | CO <sub>2</sub> — | CO <sub>2</sub> — | —      | —     | CO <sub>2</sub> 1,58                | CO <sub>2</sub> Sp.                 | CO <sub>2</sub> — | —     | Cl 0,01 | CO <sub>2</sub> — | —     |
|                                |                      |                     | Cl 0,12              | SO <sub>3</sub> —    | Cl —              | Cl —              | —      | —     | SO <sub>3</sub> 0,05                | SO <sub>3</sub> 0,09                | —                 | —     | S 0,01  | —                 | —     |
|                                |                      |                     |                      |                      |                   |                   |        |       | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,06 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,98 | 0,72              | 1,46  | 0,60    | 0,67              | —     |
|                                |                      |                     |                      |                      |                   |                   |        |       | 0,47                                | 1,50                                | 0,96              | 2,32  | 1,07    | 0,90              | —     |
| H <sub>2</sub> O +             | 1,31                 | 0,76                | 2,00                 | 2,57                 | 0,96              | 8,94              | 0,54   | 0,70  | 1,49                                | —                                   | —                 | —     | —       | —                 | —     |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,50                 | 0,23                | 0,56                 | —                    | 0,84              | —                 | 0,18   | 1,06  | 0,47                                | —                                   | —                 | —     | —       | —                 | —     |
| Sa.                            | 99,65                | 100,57              | 100,45               | 100,51               | 100,04            | 100,50            | 100,20 | 99,85 | 100,20                              | 100,48                              | 100,67            | 99,96 | 100,48  | 100,19            | 99,85 |
| Spez. Gew.                     | —                    | —                   | —                    | —                    | —                 | —                 | —      | —     | —                                   | —                                   | —                 | —     | 2,52    | —                 | 2,594 |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 67,33 | 65,04 | 57,65 | 72,94 | 69,44 | 74,38 | 66,44 | 57,93 | 72,85 | 52,98 | 55,78 | 57,51 | 70,62 | 76,39 | 64,82 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,62  | 0,56  | 1,40  | 0,80  | 1,18  | 0,53  | 0,31  | 0,92  | 0,80  | 0,82  | 1,08  | 1,18  | 0,27  | 0,43  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,09  | 0,09  | 0,23  | —     | 0,20  | 0,02  | 0,08  | 0,31  | 0,11  | 0,21  | 0,12  | 0,14  | 0,08  | 0,05  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,08 | 10,98 | 10,09 | 10,02 | 10,99 | 10,51 | 12,27 | 12,67 | 9,63  | 9,49  | 11,15 | 12,97 | 11,82 | 9,74  | 10,70 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,12  | 0,90  | 1,40  | 0,87  | 2,28  | 0,91  | 0,89  | 1,26  | 1,16  | 1,85  | 1,18  | 2,16  | 1,34  | 0,65  | —     |
| FeO                            | 3,35  | 3,95  | 7,35  | 3,71  | 2,57  | 1,51  | 1,81  | 6,52  | 2,51  | 5,35  | 6,67  | 4,67  | 1,01  | 1,68  | 5,47  |
| MnO                            | 0,13  | 0,11  | 0,15  | —     | 0,14  | —     | 0,07  | 0,18  | 0,10  | 0,18  | 0,12  | 0,82  | 0,05  | 0,14  | —     |
| MgO                            | 3,56  | 3,93  | 7,32  | 2,00  | 1,04  | 1,34  | 4,12  | 5,23  | 2,29  | 11,09 | 9,02  | 2,80  | 3,65  | 1,14  | 4,57  |
| CaO                            | 6,75  | 9,06  | 9,36  | 4,55  | 4,84  | 3,97  | 7,36  | 9,67  | 3,94  | 14,27 | 11,46 | 14,48 | 6,14  | 2,23  | 6,77  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,84  | 3,58  | 4,72  | 4,02  | 4,77  | 5,87  | 5,21  | 3,53  | 4,86  | 2,71  | 3,05  | 2,42  | 4,39  | 6,27  | 6,96  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,13  | 1,80  | 0,33  | 1,09  | 2,55  | 0,96  | 1,44  | 1,78  | 1,75  | 1,05  | 0,37  | 0,85  | 0,63  | 1,28  | 0,71  |



| N  | Gestein              | Ort                               | Lagerung                                   | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | O <sub>2</sub> H | MgO  | CaO   | O <sub>2</sub> H | Mt   | Analytiker    |               |
|----|----------------------|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------------------|------|---------------|---------------|
| 1  | Diorit               | Boquete, Panama                   | } Boliofor-<br>mation<br>Früh-<br>Oligozän | 68,20 | 17,36 | 14,44 | 5,97 | 5,11 | 24,97 | 45,02 | 30,01 | 2,13             | 3,65 | 1,64  | 2,36             | 2,24 | W. C. Wheeler |               |
| 2  | Diorit               | Boquete, Panama                   |  | 65,44 | 22,90 | 11,66 | 5,38 | 5,60 | 22,00 | 43,77 | 34,23 | 1,80             | 3,93 | 3,46  | 3,11             | 1,80 | W. C. Wheeler |               |
| 3  | Diorit               | Point Farfan, Panama              |  | 60,56 | 38,28 | 1,16  | 5,05 | 5,04 | 4,46  | 62,35 | 33,19 | 0,33             | 7,32 | 4,32  | 6,10             | 2,80 | W. C. Wheeler |               |
| 4  | Andesitbreccie       | Panamakanalzone                   | } Bas Obis-<br>poform                      | 59,44 | 11,42 | 29,14 | 5,11 | 4,55 | 14,75 | 54,40 | 30,85 | 1,09             | 2,00 | —     | 0,36             | 2,84 | 1,74          | R. C. Wells   |
| 5  | Lava, Latit          | Las Cascadas,<br>Panamakanalzone  |  | 73,24 | 9,84  | 16,92 | 7,32 | 3,67 | 27,84 | 52,07 | 20,09 | 2,55             | 1,04 | 1,17  | 0,43             | 4,56 | G. Steiger    |               |
| 6  | Lava, Andesit        | Panamakanalzone                   |  | 69,36 | 6,28  | 24,36 | 6,83 | 3,68 | 11,07 | 67,71 | 21,22 | 0,96             | 1,34 | 0,29  | 0,60             | 1,82 | R. C. Wells   |               |
| 7  | Vulkanische<br>Asche | Chiriqui Mts                      | } Miozän                                   | 75,68 | 15,48 | 8,84  | 6,65 | 5,62 | 15,22 | 55,08 | 29,70 | 1,44             | 4,12 | 1,74  | 0,99             | 1,78 | W. C. Wheeler |               |
| 8  | Andesit              | Chorcha Mts., Chiriqui Prov.      |  | 71,92 | 28,48 | —     | 0,40 | 5,31 | 7,36  | 19,91 | 39,49 | 40,60            | 1,78 | 5,23  | 2,31             | 5,17 | 2,52          | W. C. Wheeler |
| 9  | (Basalt) Trachyt     | Bejuca, Panama                    |  | 64,96 | 11,64 | 23,40 | 6,61 | 3,02 | 21,55 | 59,85 | 18,60 | 1,75             | 2,29 | 0,92  | 1,45             | 2,32 | W. C. Wheeler |               |
| 10 | Basalt               | Mt. Lirio, Panama                 |  | 53,00 | 50,32 | —     | 3,32 | 3,76 | 5,73  | 15,84 | 40,87 | 43,29            | 1,05 | 11,09 | 8,54             | 3,68 | 3,70          | W. C. Wheeler |
| 11 | Lava, Andesit        | Gold Hill, Kanalzone              |  | 58,28 | 39,08 | 2,64  | 3,42 | 7,73 | 5,08  | 41,84 | 53,08 | 0,37             | 9,02 | 3,73  | 5,61             | 2,36 | G. Steiger    |               |
| 12 | Andesit              | Empire, Kanalzone                 |  | 64,96 | 26,14 | 8,90  | 3,27 | 9,70 | 10,47 | 29,80 | 59,73 | 0,85             | 2,80 | 4,78  | 3,33             | 4,32 | C. Palmer     |               |
| 13 | Dazitporphyr         | Cocooi-Inseln, Panama             |  | 65,38 | 9,75  | 24,87 | 5,02 | 6,14 | 7,79  | 54,26 | 37,95 | 0,63             | 3,65 | —     | 0,66             | —    | 2,40          | R. C. Wells   |
| 14 | Rhyolith             | Ancon Hill, Panama                |  | 69,16 | 6,00  | 24,84 | 7,55 | 2,19 | 14,80 | 72,48 | 12,72 | 1,28             | 1,14 | 0,04  | 1,17             | 1,30 | G. Steiger    |               |
| 15 | Amphibolandesit      | Vulkan Chiriqui, Panama<br>2967 m |  | 73,48 | 27,56 | —     | 1,04 | 7,67 | 3,03  | 7,73  | 75,73 | 16,54            | 0,71 | 4,57  | 3,74             | 5,47 | —             | W. C. Wheeler |

Literatur: 1–15. Washington, II, S. 231, 259, 267, 351, 385, 495, 525, 537, 611, 843, 889.



## Costarica, Nicaragua, Honduras, Guatemala.

## A. Gewichtsprozent.

|                                | 1        | 2      | 3        | 4        | 5   | 6     | 7      | 8        | 9     |
|--------------------------------|----------|--------|----------|----------|---|-------|--------|----------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 56,73    | 76,68  | 68,50    | 66,41    | 59,38   | 61,12 | 56,36  | 56,37    | 62,76 |
| TiO <sub>2</sub>               | —        | —      | —        | —        | 0,49  | —     | —      | —        | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —        | —      | —        | —        | 0,18  | —     | —      | —        | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20,44    | 14,49  | 16,00    | 19,74    | 19,86   | 17,73 | 21,76  | 22,62    | 18,10 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,71     | —      | 2,94     | 1,31     | 3,84  | 2,52  | 5,11   | 3,73     | —     |
| FeO                            | (= 5,14) | 1,09   | (= 2,65) | (= 1,18) | 2,17  | 3,10  | 0,95   | 0,90     | 5,14  |
| MnO                            | —        | Sp.    | Sp.      | Sp.      | Sp.   | —     | —      | —        | Sp.   |
| MgO                            | 2,58     | 0,84   | 1,54     | 0,92     | 1,18  | 2,39  | 4,93   | 4,70     | 2,59  |
| CaO                            | 7,23     | 1,53   | 3,84     | 3,20     | 5,80  | 3,45  | 9,36   | 9,85     | 6,03  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,73     | 3,92   | 3,68     | 4,41     | 4,92  | 3,01  | 1,53   | 1,72     | 3,45  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,45     | 1,90   | 1,76     | 2,99     | 1,15  | 2,09  | —      | —        | 1,35  |
| Sonstige Bestandteile          | —        | —      | —        | —        | SO <sub>3</sub> 0,27<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>BaO Sp. | —     | —      | ZnO 0,10 | —     |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,54     | 0,36   | 1,40     | 0,06     | —   | 2,54  | —      | —        | —     |
| H <sub>2</sub> O —             | —        | —      | 0,28     | —        | 0,73  | —     | —      | —        | —     |
| Sa. . . . .                    | 99,41    | 100,11 | 99,94    | 99,04    | 100,33  | 99,95 | 100,00 | 99,99    | 99,42 |
| Spez. Gew.                     | —        | —      | —        | —        | —   | 2,582 | —      | —        | —     |

## B. Molekularprozent.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 63,15 | 81,95 | 75,09 | 73,80 | 67,30 | 68,88 | 60,58 | 60,80 | 68,04 |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | —     | —     | —     | 0,41  | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —     | —     | —     | 0,09  | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,39 | 9,11  | 10,32 | 12,90 | 13,24 | 11,75 | 13,76 | 14,35 | 11,55 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | —     | —     | —     | —     | 1,63  | 1,06  | —     | —     | —     |
| FeO                            | 4,77  | 0,97  | 2,42  | —     | 2,05  | 2,91  | 5,35  | 4,08  | 4,64  |
| MnO                            | —     | —     | —     | —     | Sp.   | —     | —     | —     | —     |
| MgO                            | 4,31  | 1,35  | 2,53  | 1,54  | 2,01  | 4,04  | 7,94  | 7,60  | 4,21  |
| CaO                            | 8,62  | 1,75  | 4,51  | 3,81  | 7,04  | 6,58  | 10,78 | 11,38 | 7,00  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,02  | 4,05  | 3,90  | 4,74  | 5,40  | 3,28  | 1,59  | 1,79  | 3,62  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,74  | 0,82  | 1,23  | 2,12  | 0,83  | 1,50  | —     | —     | 0,94  |



| N | Gestein                        | Ort                                       | Lagerung                  | L     | M     | Q     | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker                |
|---|--------------------------------|---|---------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------|------|---------------------------|
| 1 | Andesit                        | Vulkan Irazu, Carthago                    |                           | 76,60 | 20,14 | 3,26  | 5,76 | 7,63  | 18,16 | 41,96 | 39,88 | 1,74             | 4,31 | 0,99  | 4,77 | —    | A. Lagorio                |
| 2 | Obsidian                       | Corinto, Nicaragua                        |                           | 48,45 | 4,64  | 46,91 | 4,87 | 1,75  | 14,26 | 70,44 | 15,30 | 0,82             | 1,35 | —2,49 | 0,97 | —    | J. Petersen               |
| 3 | Bimsstein                      | Cerro, Quemado,<br>b. Quetzaltenango      |                           | 59,76 | 9,90  | 30,34 | 5,13 | 4,51  | 16,65 | 52,77 | 30,58 | 1,23             | 2,53 | —0,68 | 2,42 | —    | Börner und<br>Siebenbusch |
| 4 | Bimsstein                      | Sa. Maria, Guatemala                      | Eruption<br>25. Okt. 1902 | 72,35 | 5,26  | 22,39 | 6,86 | 3,81  | 24,17 | 54,05 | 21,78 | 2,12             | 1,54 | 0,70  | 1,09 | —    | Börner und<br>Siebenbusch |
| 5 | Bimsstein                      | Sa. Maria, Guatemala                      | Eruption<br>Okt. 1902     | 77,88 | 8,18  | 13,94 | 6,23 | 7,01  | 8,51  | 55,39 | 36,10 | 0,83             | 2,01 | 0,03  | 0,42 | 3,26 | E. T. Allen               |
| 6 | Andesit                        | Insel Old Providence,<br>Karibisches Meer | Miozän ?                  | 64,95 | 13,90 | 21,15 | 4,78 | 6,58  | 18,59 | 40,64 | 40,77 | 1,50             | 4,04 | —0,39 | 1,85 | 2,12 | J. J. H. Teall            |
| 7 | sog. Dolerit                   | Vulkan Turrialba                          |                           | 57,23 | 26,58 | 16,19 | 1,59 | 10,78 | —     | 22,79 | 77,21 | —                | 7,94 | —1,39 | 5,35 | —    | Marx                      |
| 8 | sog. Dolerit                   | Vulkan Poas                               |                           | 61,02 | 23,86 | 15,62 | 1,79 | 11,38 | —     | 23,93 | 76,07 | —                | 7,60 | —1,18 | 4,08 | —    | Marx                      |
| 9 | Amphibol-<br>andesit mit Augit | Vulkan Rincon de la Vieja                 |                           | 64,44 | 17,72 | 17,84 | 4,56 | 6,99  | 11,66 | 44,92 | 43,42 | 0,94             | 4,21 | 0,01  | 4,64 | —    | Marx                      |

Literatur: 1. A. Lagorio, Tschern. Mitt. 8, 1887, S. 467. — 2. J. Petersen, N. J. f. Min. 1898, II, S. 157. — 3–4. A. Bergeat, Z. f. Min. 1903, S. 291. — 5. U. S., Geol. Surv. Bull. 228, 1904, S. 273. — 10. T. G. Bonney, Min. Mag. VI, 1886, S. 42. — 11–13. Marx, Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1868, 20, S. 526.



## Antillenbogen I. Grenada, St. Vincent.

## A. Gewichtsprocente.

|                                       | 1                       | 2                       | 3                       | 4                       | 5      | 6      | 7      | 8    | 9      | 10    | 11     | 12              | 13                            | 14                                    | 15  |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|------|--------|-------|--------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| SiO <sub>2</sub>                      | 42,83                   | 46,15                   | 62,74                   | 56,51                   | 60,31  | 71,60  | 47,15  | 45,0 | 48,71  | 53,51 | 56,71  | 55,64           | 55,08                         | 52,81                                 | 57,62   |
| TiO <sub>2</sub>                      | 0,05                    | 0,36                    | Sp.                     | 0,19                    | 1,18   | 0,13   | 0,90   | 0,3  | 1,08   | 1,06  | 0,77   | 0,98            | 0,80                          | 0,95                                  | 0,87  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>         | 0,39                    | 0,15                    | 0,18                    | 0,23                    | 0,12   | —      | 0,19   | —    | 0,06   | —     | 0,08   | 0,11            | 0,17                          | 0,15                                  | 0,17  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>        | 10,92                   | 13,25                   | 13,67                   | 14,07                   | 23,20  | 18,90  | 22,30  | 32,5 | 18,40  | 18,90 | 18,80  | 18,21           | 18,00                         | 18,79                                 | 19,46   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>        | 4,33                    | 1,29                    | 3,39                    | 4,04                    | 0,89   | 0,46   | 2,22   | 0,2  | 3,70   | 3,77  | 3,12   | 3,63            | 2,46                          | 3,28                                  | 3,43  |
| FeO                                   | 8,82                    | 8,54                    | 4,35                    | 4,65                    | 4,20   | 1,86   | 6,93   | 3,0  | 5,33   | 5,70  | 5,35   | 4,83            | 4,57                          | 4,58                                  | 3,90  |
| MnO                                   | 0,12                    | 0,22                    | 0,42                    | Sp.                     | —      | —      | —      | —    | —      | —     | —      | 0,19            | 0,21                          | 0,28                                  | 0,08  |
| MgO                                   | 14,02                   | 7,82                    | 1,74                    | 3,95                    | 3,42   | 1,95   | 5,15   | 0,7  | 10,30  | 4,38  | 3,62   | 3,48            | 7,74                          | 5,19                                  | 1,82  |
| CaO                                   | 13,20                   | 13,89                   | 6,01                    | 8,44                    | 5,58   | 2,38   | 12,30  | 17,1 | 10,11  | 9,15  | 8,06   | 8,14            | 7,74                          | 9,58                                  | 6,25  |
| Na <sub>2</sub> O                     | 3,24                    | 5,77                    | 4,25                    | 5,32                    | 2,12   | 1,57   | 1,81   | 0,8  | 2,34   | 3,13  | 3,65   | 3,55            | 3,45                          | 3,23                                  | 3,79  |
| K <sub>2</sub> O                      | 0,64                    | 0,93                    | 1,23                    | 0,79                    | 0,62   | 0,96   | 0,35   | 0,2  | 0,43   | 0,51  | 0,77   | 0,58            | 0,65                          | 0,60                                  | 0,71  |
| Sonstige Bestandteile                 | S Sp. CO <sub>2</sub> — | S Sp. CO <sub>2</sub> — | S Sp. CO <sub>2</sub> — | S Sp. CO <sub>2</sub> — | —      | —      | —      | —    | —      | —     | —      | S 0,04 BaO 0,03 | SO <sub>3</sub> 0,24 FeS 0,91 | SO <sub>3</sub> 0,33 Cl 0,14 NiO 0,07 | Wasser lösl. SO <sub>3</sub> 0,29 CaO 0,20 Na <sub>2</sub> O 0,08 |
| H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O — | 1,80                    | 2,01                    | 2,02                    | 1,51                    | 0,12   | 0,25   | 1,00   | —    | 0,25   | 0,12  | 0,11   | 0,54            | 1,39                          | 0,17                                  | 0,59  |
| Spez. Gew.                            | 100,36                  | 100,38                  | 100,00                  | 99,70                   | 101,76 | 100,06 | 100,30 | 99,8 | 100,71 | 99,83 | 101,04 | 100,15          | 99,67                         | 100,35                                | 100,08  |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 44,07 | 48,61 | 69,64 | 62,13 | 65,38 | 77,73 | 52,12 | 51,33 | 51,33 | 58,76 | 61,60 | 61,55 | 62,32 | 57,70 | 65,49 |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | 0,32  | —     | 0,13  | 0,98  | —     | 0,73  | 0,27  | 0,88  | 0,92  | 0,65  | 0,80  | 0,68  | 0,79  | 0,74  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,19  | 0,06  | 0,07  | 0,13  | 0,07  | —     | 0,07  | —     | 0,06  | —     | 0,07  | 0,06  | 0,07  | 0,06  | 0,07  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,60  | 8,22  | 8,92  | 9,10  | 14,77 | 12,05 | 14,52 | 21,84 | 11,38 | 12,18 | 11,93 | 11,82 | 11,95 | 12,07 | 13,03 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,67  | 0,50  | 1,40  | 1,65  | 0,39  | 0,20  | 0,93  | 0,07  | 1,45  | 1,39  | 1,24  | 1,53  | 1,09  | 1,38  | 1,43  |
| FeO                            | 7,53  | 7,52  | 4,06  | 4,29  | 3,77  | 1,69  | 6,37  | 3,42  | 4,68  | 5,20  | 4,82  | 4,45  | 4,34  | 4,20  | 3,68  |
| MnO                            | 0,12  | 0,19  | 0,40  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,20  | 0,20  | 0,26  | 0,07  |
| MgO                            | 21,67 | 12,39 | 2,93  | 6,53  | 5,53  | 3,19  | 8,56  | 1,16  | 16,25 | 7,19  | 5,87  | 5,78  | 5,70  | 8,53  | 3,14  |
| CaO                            | 14,51 | 15,68 | 7,12  | 9,90  | 6,51  | 2,80  | 14,58 | 20,88 | 11,38 | 10,73 | 9,45  | 9,63  | 9,37  | 11,21 | 7,64  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,21  | 5,88  | 4,59  | 5,61  | 2,21  | 1,69  | 1,92  | 0,89  | 2,34  | 3,30  | 3,78  | 3,78  | 3,80  | 3,41  | 4,16  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,43  | 0,63  | 0,87  | 0,53  | 0,39  | 0,65  | 0,20  | 0,14  | 0,25  | 0,33  | 0,59  | 0,40  | 0,48  | 0,39  | 0,55  |



| N  | Gestein                              | Ort   | Lagerung                 | L          | M          | Q | A     | C     | Or    | Ab    | An   | O <sup>+</sup><br>Fe | MgO   | CaO  | O <sup>2+</sup><br>Fe | Mt                     | Analytiker |
|----|--------------------------------------|---|--------------------------|------------|------------|---|-------|-------|-------|-------|------|----------------------|-------|------|-----------------------|------------------------|------------|
| 1  | Olivinbasalt<br>(Nephelinbasalt)     | Grenada, Antillen                                     |                          | 40,9681,74 | -22,703,64 |   | 2,96  | 8,40  | 62,70 | 28,90 | 0,43 | 21,67                | 11,55 | 5,98 | 3,34                  | J. B. Harrison         |            |
| 2  | Nephelintephrit<br>(Nephelinbasanit) | Grenada, Antillen                                     |                          | 58,9268,14 | -27,066,51 |   | 1,71  | 8,55  | 79,78 | 11,67 | 0,63 | 12,39                | 13,97 | 7,21 | 1,00                  | J. B. Harrison         |            |
| 3  | Andesit                              | Grenada, Antillen                                     |                          | 57,5222,10 | 20,385,46  |   | 3,46  | 12,10 | 63,84 | 24,06 | 0,87 | 2,93                 | 3,66  | 3,06 | 2,80                  | J. B. Harrison         |            |
| 4  | Andesit                              | Grenada, Antillen                                     | Blöcke im<br>Konglomerat | 60,9635,52 | 3,526,14   |   | 2,96  | 6,96  | 73,62 | 19,42 | 0,53 | 6,53                 | 6,94  | 2,64 | 3,30                  | J. B. Harrison         |            |
| 5  | Cordieritandesit                     | St. Vincent   | Einschluß<br>im Andesit  | 52,5018,60 | 28,902,60  |   | 6,51  | 6,66  | 37,71 | 55,63 | 0,39 | 5,53                 | 5,66  | 3,38 | 0,78                  | Pisani                 |            |
| 6  | Cordieritdazit                       | St. Vincent   | Bombe                    | 36,83 9,76 | 53,412,34  |   | 2,80  | 17,38 | 45,19 | 37,43 | 0,65 | 3,19                 | 6,91  | 1,49 | 0,40                  | Pisani                 |            |
| 7  | Diorit                               | Chateaubelair, St. Vincent                            | Einschluß<br>im Andesit  | 66,5634,22 | -0,782,12  |   | 12,40 | 2,41  | 23,08 | 74,51 | 0,20 | 8,56                 | 2,18  | 5,44 | 1,86                  | Pisani                 |            |
| 8  | Troktolith                           | St. Vincent   | Einschluß<br>im Andesit  | 91,48 9,30 | -0,781,03  |   | 20,81 | 1,22  | 7,78  | 91,00 | 0,14 | 1,16                 | 0,07  | 3,35 | 0,14                  | Arsandaux              |            |
| 9  | Basalt                               | Chateaubelair, St. Vincent                            |                          | 55,8847,04 | -2,922,59  |   | 8,79  | 3,58  | 33,48 | 62,94 | 0,25 | 16,25                | 2,59  | 3,75 | 2,90                  | Pisani                 |            |
| 10 | Hypersthen-<br>labradorit            | Alte Somma, La Soufrière                              |                          | 63,2429,14 | 7,623,63   |   | 8,55  | 4,17  | 41,72 | 54,11 | 0,33 | 7,19                 | 2,18  | 3,81 | 2,78                  | Pisani                 |            |
| 11 | Andesit, glasse<br>Bombe             | La Soufrière, St. Vincent                             | Eruption 1902            | 65,2035,16 | 0,364,37   |   | 7,56  | 7,24  | 46,38 | 46,38 | 0,59 | 5,87                 | 1,89  | 3,58 | 2,48                  | Pisani                 |            |
| 12 | Andesitbimsstein                     | La Soufrière, St. Vincent                             |                          | 64,0024,84 | 11,164,18  |   | 7,64  | 5,00  | 47,25 | 47,75 | 0,40 | 5,78                 | 1,99  | 3,12 | 3,06                  | G. Steiger             |            |
| 13 | Andesitasche                         | La Soufrière, St. Vincent<br>gesammelt Langley-Park   | Eruption 1902            | 64,9223,88 | 11,204,28  |   | 7,67  | 5,91  | 46,80 | 47,29 | 0,48 | 5,70                 | 1,70  | 3,45 | 2,18                  | W. F. Hille-<br>brandt |            |
| 14 | Andesitasche                         | La Soufrière, gesammelt<br>auf Barbados               | Eruption 1902            | 63,4831,86 | 4,663,80   |   | 8,27  | 4,91  | 42,95 | 52,14 | 0,39 | 8,53                 | 2,94  | 3,08 | 2,76                  | W. Pollard             |            |
| 15 | Andesitasche                         | La Soufrière, gesammelt<br>11° 21' N. Br., 57° 47' W. | 7. Mai 1902              | 68,9213,78 | 17,304,71  |   | 7,64  | 6,45  | 48,77 | 44,78 | 0,55 | 3,14                 | -0,68 | 2,32 | 2,86                  | G. Steiger             |            |

Literatur: 1—4. J. B. Harrison, Rocks of Grenada, London 1896, S. 10. (Washington, II, S. 387, 467, 699, 709).  
 5—11. A. Lacroix, La Montagne Pelée, Paris 1904, S. 598, 599. — 12. J. S. Diller, Nat. Geogr. Mag. 13, 1902,  
 S. 291. — 13. E. O. Hovey, Amer. Journ. Science 14, 1902, S. 327. — 14. J. S. Flett, Quat. Journ. Geol. Soc. 58,  
 1902, S. 369. — 15. Diller und Steiger, Amer. Journ. Science 15, 1902, S. 948.



## Antillenbogen II. Martinique, tertiäre Andesite. Massiv der Mt. Pelée.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 49,52 | 47,51 | 53,51 | 57,10 | 58,10 | 58,30 | 58,20 | 56,10 | 57,25 | 61,25 | 61,20 | 60,15 | 61,25 | 61,90 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 1,55  | 0,71  | 1,69  | 0,52  | 0,64  | 0,49  | 0,52  | 0,43  | 0,43  | 0,47  | 0,46  | 0,39  | 0,33  | 0,35  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,25  | Sp.   | Sp.   | 0,08  | —     | 0,22  | Sp.   | 0,07  | Sp.   | —     | 0,06  | —     | 0,19  | 0,15  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 21,20 | 20,80 | 18,81 | 16,24 | 19,06 | 19,43 | 19,60 | 20,42 | 18,00 | 17,35 | 19,61 | 18,31 | 19,50 | 18,81 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 4,21  | 4,30  | 5,15  | 2,45  | 3,37  | 4,40  | 3,12  | 1,90  | 2,17  | 3,42  | 2,35  | 2,79  | 2,40  | 1,82  |
| FeO . . .                            | 6,48  | 5,31  | 6,45  | 3,76  | 4,20  | 3,33  | 3,42  | 6,15  | 4,25  | 3,33  | 4,20  | 3,33  | 2,05  | 4,30  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 3,62  | 8,18  | 4,54  | 7,49  | 3,37  | 2,64  | 4,06  | 4,16  | 4,52  | 2,86  | 3,04  | 2,88  | 0,93  | 2,42  |
| CaO . . .                            | 8,46  | 10,70 | 5,85  | 9,65  | 7,84  | 7,46  | 6,97  | 7,50  | 7,68  | 4,67  | 6,01  | 5,75  | 5,82  | 6,92  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 2,08  | 1,65  | 2,46  | 2,74  | 2,33  | 3,07  | 2,77  | 2,49  | 3,67  | 2,80  | 3,22  | 3,11  | 3,72  | 3,17  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,88  | 0,30  | 1,08  | 1,11  | 1,37  | 0,88  | 1,12  | 1,02  | 0,77  | 1,71  | 0,76  | 1,61  | 1,75  | 1,07  |
| Sonstige Bestandteile                | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O + . .               | 1,38  | 0,25  | 0,50  | 0,08  | 0,87  | 0,37  | 1,04  | 0,37  | 0,50  | 1,50  | —     | 2,00  | 1,82  | 0,10  |
| H <sub>2</sub> O — . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |

|              |       |       |        |        |        |        |        |        |       |       |        |        |       |        |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|
| Sa. . . .    | 99,63 | 99,71 | 100,04 | 101,22 | 101,15 | 100,59 | 100,82 | 100,61 | 99,24 | 99,36 | 100,91 | 100,32 | 99,76 | 101,01 |
| Spez. Gew. . | 2,82  | —     | 2,82   | 2,96   | —      | —      | —      | —      | —     | —     | —      | —      | —     | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 56,70 | 51,77 | 59,81 | 59,29 | 63,85 | 64,65 | 63,98 | 61,76 | 62,47 | 68,89 | 66,49 | 67,16 | 69,69 | 67,04 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 1,30  | 0,59  | 1,41  | 0,69  | 0,52  | 0,40  | 0,39  | 0,33  | 0,32  | 0,41  | 0,32  | 0,33  | 0,27  | 0,26  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,06  | —     | —     | 0,06  | —     | 0,07  | —     | 0,07  | —     | —     | 0,07  | —     | 0,07  | 0,06  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 14,29 | 13,33 | 12,41 | 9,91  | 12,27 | 12,65 | 12,67 | 13,41 | 11,53 | 11,47 | 12,52 | 12,00 | 13,04 | 11,96 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .   | 1,79  | 1,76  | 2,16  | 0,94  | 1,39  | 1,86  | 1,25  | 0,79  | 0,92  | 1,42  | 0,91  | 1,91  | 1,02  | 0,72  |
| FeO . . .                            | 6,19  | 4,84  | 6,00  | 3,30  | 3,83  | 3,06  | 3,17  | 5,61  | 3,80  | 3,10  | 3,78  | 3,08  | 1,91  | 3,90  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 6,19  | 13,33 | 7,62  | 11,66 | 5,54  | 4,39  | 6,66  | 6,87  | 7,40  | 4,79  | 4,95  | 4,83  | 1,57  | 3,90  |
| CaO . . .                            | 10,45 | 12,48 | 7,08  | 10,66 | 9,17  | 8,92  | 8,25  | 7,79  | 9,04  | 5,67  | 6,98  | 6,90  | 7,10  | 8,00  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 2,34  | 1,70  | 2,70  | 2,74  | 2,44  | 3,33  | 2,90  | 2,64  | 3,93  | 3,04  | 3,39  | 3,35  | 4,40  | 3,38  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,69  | 0,20  | 0,81  | 0,75  | 0,90  | 0,67  | 0,73  | 0,73  | 0,59  | 1,21  | 0,59  | 1,14  | 1,23  | 0,78  |



| N  | Gestein                           | Ort                                 | Lagerung             | L     | M     | Q     | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | Q <sub>2</sub> F | Mt   | Analytiker |
|----|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------------------|------|------------|
| 1  | Plagioklasbasalt                  | Zwischen Le Marin und Le Vaulin     | Oligozän             | 66,85 | 24,76 | 8,39  | 3,03 | 10,45 | 8,35  | 28,33 | 63,32 | 0,69             | 6,19  | -0,81 | 4,40             | 3,58 | Pisani     |
| 2  | Doleritbasalt                     | Ilot des Ramiers                    | bis                  | 60,92 | 38,44 | 0,64  | 1,90 | 11,43 | 2,62  | 22,31 | 75,07 | 0,20             | 13,33 | 1,05  | 3,08             | 3,52 | Pisani     |
| 3  | Augitischer Labradorit            | Straße Lamentin bis Fort de France  | Unter- miozän        | 58,22 | 27,24 | 14,54 | 3,51 | 7,08  | 11,49 | 38,30 | 50,21 | 0,81             | 7,62  | -1,82 | 3,84             | 4,32 | Pisani     |
| 4  | Quarzbasalt                       | Point Burgos über Hornblendeandesit |                      | 53,60 | 38,40 | 8,00  | 3,49 | 6,42  | 11,20 | 40,89 | 47,91 | 0,75             | 11,66 | 4,24  | 2,34             | 1,88 | Pisani     |
| 5  |                                   | Morne Diamant                       | Gang? Konglomerat    | 62,80 | 19,40 | 17,80 | 3,43 | 8,84  | 12,61 | 31,08 | 56,31 | 0,99             | 5,54  | 0,33  | 2,44             | 2,78 | Pisani     |
| 6  | Andesitlabradorit mit             | Carbet                              | Gang? im Konglomerat | 66,60 | 15,44 | 17,96 | 4,00 | 8,65  | 8,04  | 39,98 | 51,98 | 0,67             | 4,39  | 0,88  | 1,20             | 3,72 | Pisani     |
| 7  |                                   | Fonds Saint Denis                   | Konglomerat          | 62,83 | 19,66 | 17,51 | 3,63 | 8,25  | 9,41  | 37,37 | 53,22 | 0,73             | 6,66  | -0,79 | 1,92             | 2,50 | Pisani     |
| 8  | Hypersthen und Augit              | Chateaubriand, Morne des Cadets     | Konglomerat          | 60,37 | 24,96 | 14,67 | 3,37 | 7,79  | 10,04 | 36,31 | 53,65 | 0,73             | 6,87  | -2,25 | 4,82             | 1,58 | Pisani     |
| 9  |                                   | Vallée du Céron, Piton Pierreux     | Konglomerat          | 64,20 | 26,46 | 9,34  | 4,52 | 7,01  | 7,35  | 48,94 | 43,71 | 0,59             | 7,40  | 2,03  | 2,88             | 1,84 | Pisani     |
| 10 | Hypersthenandesit                 | Morne de Macouba                    |                      | 58,23 | 15,78 | 25,99 | 4,25 | 5,67  | 17,06 | 42,88 | 40,06 | 1,21             | 4,79  | -1,55 | 1,68             | 2,84 | Pisani     |
| 11 | Hypersthenandesit                 | Gipfel des Morne La Croix           |                      | 61,32 | 17,46 | 21,22 | 3,98 | 6,98  | 7,90  | 45,38 | 46,72 | 0,59             | 4,95  | 1,56  | 2,87             | 1,82 | Pisani     |
| 12 | Hypersthenandesit alter Bimsstein | Montagne Pelée                      |                      | 64,13 | 15,82 | 20,05 | 4,49 | 6,90  | 14,36 | 42,19 | 43,45 | 1,14             | 4,83  | -0,61 | 1,87             | 2,42 | Pisani     |
| 13 | Hypersthenandesit                 | Parnasse                            | Gang, Strom?         | 71,65 | 6,96  | 21,39 | 5,33 | 7,10  | 13,85 | 46,17 | 39,98 | 1,23             | 1,57  | -0,61 | 0,89             | 2,04 | Pisani     |
| 14 | Hypersthenandesit                 | La Precheur                         |                      | 64,48 | 16,00 | 19,52 | 4,16 | 7,80  | 9,68  | 41,94 | 48,38 | 0,78             | 3,90  | 0,20  | 3,18             | 1,44 | Pisani     |

Literatur: 1—14. A. Lacroix, La Montagne Pelée et ses Eruptions, Paris 1904, S. 573.



## Antillenbogen III. Martinique, Massiv der Montagne Pelée. Tertiäre Andesite.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3      | 4     | 5      | 6      | 7      | 8      |
|--|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 61,45  | 60,25  | 62,72  | 61,61 | 60,10  | 61,40  | 61,25  | 50,10  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,32   | 0,37   | 0,42   | 0,37  | 0,54   | 0,33   | 0,19   | 0,89   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —      | —      | 0,17   | 0,19  | 0,16   | 0,09   | —      | Sp.    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 18,71  | 19,05  | 18,30  | 17,95 | 18,93  | 19,70  | 18,90  | 16,10  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,30   | 1,35   | 1,41   | 3,35  | 4,15   | 1,35   | 2,12   | 4,50   |
| FeO . . . . .                            | 4,23   | 4,72   | 3,65   | 3,38  | 2,70   | 4,19   | 3,69   | 4,77   |
| MnO . . . . .                            | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      |
| MgO . . . . .                            | 2,45   | 3,34   | 1,97   | 2,09  | 1,77   | 2,27   | 2,87   | 8,47   |
| CaO . . . . .                            | 6,07   | 6,85   | 6,11   | 4,91  | 6,94   | 4,80   | 6,78   | 11,70  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,06   | 3,40   | 3,12   | 3,22  | 3,32   | 2,80   | 2,74   | 1,16   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,06   | 0,98   | 1,46   | 1,04  | 1,01   | 1,17   | 1,18   | 0,51   |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,50   | 0,62   | 1,00   | 1,50  | 0,62   | 2,50   | 0,87   | —      |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | 1,84   |
| Sa. . . . .                              | 100,15 | 100,93 | 100,33 | 99,61 | 100,24 | 100,60 | 100,59 | 100,04 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —      | —      | —      | —     | —      | —      | 2,58   | 2,68   |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 67,64 | 65,32 | 69,07 | 69,39 | 67,29 | 68,80 | 67,04 | 54,08 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,20  | 0,26  | 0,34  | 0,34  | 0,40  | 0,27  | 0,20  | 0,71  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | 0,07  | 0,07  | 0,07  | 0,07  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,09 | 12,10 | 11,83 | 11,89 | 12,42 | 12,98 | 12,15 | 10,24 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,92  | 0,52  | 0,59  | 1,42  | 1,75  | 0,54  | 0,85  | 1,81  |
| FeO . . . . .                            | 3,83  | 4,23  | 3,30  | 3,18  | 2,55  | 3,83  | 3,35  | 4,34  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 4,03  | 5,40  | 3,24  | 3,51  | 2,96  | 3,83  | 4,73  | 13,73 |
| CaO . . . . .                            | 7,20  | 7,87  | 7,20  | 5,95  | 8,26  | 5,78  | 7,94  | 13,54 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,30  | 3,58  | 3,30  | 3,51  | 3,56  | 3,03  | 2,89  | 1,23  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,79  | 0,72  | 1,06  | 0,74  | 0,74  | 0,87  | 0,85  | 0,32  |



| N <sup>o</sup> | Gestein                               | Ort                              | Lagerung  | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1              | Hypersthen-<br>andesit                | Rivière Claire                   | Alte Bombe                                      | 62,32 | 15,72 | 21,96 | 4,09 | 7,20 | 10,27 | 42,91 | 46,82 | 0,79             | 4,03  | —0,80 | 2,91 | 1,84 | Pisani     |
| 2              | Hypersthen-<br>andesit                | Rivière Blanche                  |   | 65,60 | 19,40 | 15,00 | 4,30 | 7,80 | 8,78  | 43,66 | 47,56 | 0,72             | 5,40  | 0,07  | 3,71 | 1,04 | "          |
| 3              | Hornblende-<br>hypersthen-<br>andesit | Anse Thurin                      | Blöcke in<br>Konglome-<br>raten und<br>Breccien | 63,95 | 13,08 | 22,97 | 4,36 | 7,20 | 13,32 | 41,45 | 45,23 | 1,06             | 3,24  | —0,27 | 2,71 | 1,18 | "          |
| 4              |                                       | Piton Pierreux                   |   | 59,49 | 13,38 | 27,13 | 4,25 | 5,95 | 10,23 | 48,55 | 41,22 | 0,74             | 3,51  | —1,69 | 1,76 | 2,84 | "          |
| 5              |                                       | Vallée aux Ecrevisses            |   | 66,88 | 11,30 | 21,82 | 4,30 | 8,12 | 8,85  | 42,58 | 48,57 | 0,74             | 2,96  | 0,14  | 0,80 | 3,50 | "          |
| 6              | Dazit                                 | Straße nach Fonds<br>Saint Denis |   | 57,62 | 15,32 | 27,06 | 3,90 | 5,78 | 12,82 | 44,62 | 42,56 | 0,87             | 3,83  | —3,30 | 3,29 | 1,08 | "          |
| 7              | Dazit                                 | Gegend von Colson                |   | 62,15 | 16,16 | 21,69 | 3,74 | 7,94 | 11,03 | 37,48 | 51,49 | 0,85             | 4,73  | —0,47 | 2,50 | 1,70 | "          |
| 8              | Einschluß im<br>Dazit                 | Gué de l'Alma                    |   | 47,16 | 45,84 | 7,00  | 1,55 | 8,69 | 5,42  | 20,85 | 73,73 | 0,32             | 13,73 | 4,85  | 2,53 | 3,62 | "          |

Literatur: 1—8. A. Lacroix, La Montagne Pelée et ses Eruptions. Paris 1904. S. 573.



## Antillenbogen IV. Martinique. Andesite des Peléausbruchs 1902.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2         | 3      | 4         | 5      | 6         | 7      | 8      | 9         | 10    | 11     |
|--|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|--------|-----------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 61,07  | 61,65     | 62,45  | 63,10     | 62,55  | 61,25     | 60,60  | 61,45  | 62,90     | 72,40 | 61,88  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,47   | 0,25      | 0,19   | 0,21      | 0,19   | 0,48      | 0,56   | 0,32   | 0,33      | 0,10  | 0,31   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,15   | 0,06      | 0,10   | 0,12      | Sp.    | 0,12      | 0,09   | 0,09   | 0,14      | —     | 0,09   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,55  | 18,64     | 18,05  | 18,05     | 18,75  | 18,50     | 18,63  | 18,61  | 18,20     | 15,90 | 18,30  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,13   | 2,20      | 2,02   | 2,37      | 2,40   | 1,72      | 1,77   | 2,02   | 1,28      | 1,05  | 1,97   |
| FeO . . . . .                            | 4,34   | 4,35      | 4,00   | 3,95      | 3,52   | 4,32      | 5,10   | 4,95   | 4,30      | 1,81  | 4,32   |
| MgO . . . . .                            | 2,26   | 3,08      | 2,58   | 2,48      | 2,84   | 2,87      | 2,76   | 2,58   | 2,52      | 0,63  | 2,71   |
| CaO . . . . .                            | 6,30   | 6,08      | 5,81   | 5,96      | 6,52   | 6,35      | 6,52   | 6,60   | 6,76      | 1,69  | 6,32   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,50   | 3,05      | 3,27   | 3,35      | 3,07   | 3,38      | 2,80   | 3,30   | 3,18      | 4,35  | 3,17   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,98   | 1,08      | 1,16   | 1,16      | 1,07   | 0,96      | 0,97   | 1,05   | 1,32      | 1,14  | 1,09   |
| Sonstige Bestandteile .                  | —      | —         | —      | —         | —      | —         | —      | —      | —         | —     | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | —      | 0,12      | 0,43   | 0,25      | —      | 0,20      | 0,25   | 0,12   | 0,15      | 0,62  | 0,19   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —         | —      | —         | —      | —         | —      | —      | —         | —     | —      |
| Sa. . . . .                              | 100,25 | 100,56    | 100,06 | 101,00    | 100,91 | 100,15    | 100,05 | 101,09 | 101,08    | 99,69 | 100,35 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —      | 2,56—2,57 | —      | 2,56—2,57 | —      | 2,63—2,68 | —      | —      | 2,70—2,71 | 2,47  | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 67,14 | 66,94 | 69,22 | 68,43 | 67,62 | 66,73 | 66,28 | 66,58 | 67,69 | 79,25 | 67,25 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,40  | 0,19  | 0,19  | 0,18  | 0,19  | 0,33  | 0,52  | 0,26  | 0,26  | 0,07  | 0,26  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,73  | 0,07  | 0,06  | 0,06  | —     | 0,07  | 0,07  | 0,07  | 0,07  | —     | 0,07  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,35 | 11,86 | 11,70 | 11,45 | 11,88 | 11,83 | 11,94 | 11,83 | 11,48 | 10,24 | 11,68 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,86  | 0,92  | 0,86  | 0,98  | 0,97  | 0,72  | 0,72  | 0,84  | 0,52  | 0,39  | 0,85  |
| FeO . . . . .                            | 3,96  | 3,92  | 3,73  | 3,59  | 3,18  | 3,92  | 4,66  | 4,42  | 3,87  | 1,64  | 3,91  |
| MgO . . . . .                            | 3,69  | 5,02  | 2,93  | 4,04  | 4,61  | 4,64  | 4,53  | 4,16  | 4,06  | 1,05  | 4,44  |
| CaO . . . . .                            | 7,45  | 7,10  | 6,91  | 6,90  | 7,53  | 7,45  | 7,61  | 7,67  | 7,80  | 1,97  | 7,37  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,69  | 3,19  | 3,53  | 3,52  | 3,24  | 3,59  | 2,95  | 3,45  | 3,35  | 4,60  | 3,39  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,73  | 0,79  | 0,87  | 0,85  | 0,78  | 0,72  | 0,72  | 0,72  | 0,90  | 0,79  | 0,78  |



| N  | Gestein                                      | Ort                              | Lagerung         | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker          |
|----|--|----------------------------------|------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------|------|---------------------|
| 1  | Hypersthen-<br>andesitbims-<br>stein, Typ II | Mte. Pelée<br>(Alte Bombe?)      | 8. Mai<br>1902   | 63,08 | 16,34 | 20,58 | 4,42 | 6,93 | 9,25  | 46,77 | 43,98 | 0,73             | 3,69 | 0,52  | 3,10 | 1,72 | M. Hille-<br>brandt |
| 2  | Obsidian,<br>Typ I                           | Kraterand (Eruption<br>Mai 1902) | 29. Juni<br>1902 | 61,02 | 17,88 | 21,10 | 3,98 | 7,10 | 10,50 | 42,36 | 47,14 | 0,79             | 5,02 | —0,78 | 3,00 | 1,84 | M. Pisani           |
| 3  | Bimsstein,<br>Typ II                         | Mte. Pelée                       | 9. Juli<br>1902  | 63,23 | 13,32 | 23,45 | 4,40 | 6,91 | 11,07 | 44,91 | 44,02 | 0,87             | 2,93 | —0,39 | 2,87 | 1,72 | "                   |
| 4  | Bombe,<br>Typ I                              | Mte. Pelée                       | 30. Aug.<br>1902 | 62,74 | 15,26 | 22,00 | 4,37 | 6,90 | 10,87 | 45,01 | 44,12 | 0,85             | 4,04 | —0,18 | 2,61 | 1,96 | "                   |
| 5  | Lapilli,<br>Typ II                           | Parnasse                         | 30. Aug.<br>1902 | 62,61 | 15,58 | 21,81 | 4,02 | 7,53 | 10,02 | 41,62 | 48,36 | 0,78             | 4,61 | —0,33 | 2,21 | 1,94 | "                   |
| 6  | Andesit,<br>Typ III                          | Mte. Pelée, Glutwolke            | 16. Dez.<br>1902 | 64,35 | 17,12 | 18,53 | 4,31 | 7,45 | 8,96  | 44,68 | 46,36 | 0,72             | 4,64 | —0,07 | 3,20 | 1,44 | "                   |
| 7  | Schlackiger<br>Andesit,<br>Typ I             | Mte. Pelée, Glutwolke            | 25. Jan.<br>1903 | 60,46 | 18,38 | 21,16 | 3,67 | 7,61 | 9,63  | 39,46 | 50,91 | 0,72             | 4,53 | —0,66 | 3,94 | 1,44 | "                   |
| 8  | Glasiger An-<br>desit, Typ II                | Mte. Pelée, Glutwolke            | 25. Jan.<br>1903 | 64,00 | 17,18 | 18,82 | 4,17 | 7,66 | 9,60  | 39,33 | 51,07 | 0,72             | 4,16 | 0,01  | 3,58 | 1,68 | "                   |
| 9  | Quarz führ.<br>Andesit,<br>Typ IV            | Mte. Pelée                       | Januar<br>1904   | 62,92 | 17,00 | 20,08 | 4,25 | 7,23 | 11,44 | 42,59 | 45,97 | 0,90             | 4,06 | 0,57  | 3,35 | 1,04 | "                   |
| 10 | Glas aus Nr. 2                               | Mte. Pelée                       |                  | 53,88 | 5,38  | 40,74 | 5,39 | 1,97 | 12,39 | 72,16 | 15,45 | 0,79             | 1,05 | —2,88 | 1,25 | 0,78 | "                   |
| 11 | Hypersthen-<br>andesit                       | Mittel aus 2—9                   |                  | 62,98 | 16,70 | 20,32 | 4,17 | 7,37 | 9,93  | 43,16 | 46,91 | 0,78             | 4,44 | —0,14 | 3,06 | 1,70 | "                   |

Literatur: 1—11. A. Lacroix, La Montagne Pelée et ses Eruptions. Paris 1904. S. 527.







| Nr.                       | Gestein                             | Ort            | Lagerung         | L           | M           | Q          | A           | C          | Or     | Ab         | An        | $\Sigma$ MgO | CaO       | $\Sigma$ Fe | Mt     | Analytiker |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------|------------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|--------|------------|-----------|--------------|-----------|-------------|--------|------------|
| <div>Antiloge Typen</div> |                                     |                |                  |             |             |            |             |            |        |            |           |              |           |             |        |            |
| 1                         | Einschluß Diabas-<br>typus          | Mt. Pelée      | Plesio-<br>morph | 59,32 20,48 | 20,20 20,48 | 2,70       | 9,07        | 9,12 28,20 | 62,68  | 0,66       | 5,58      | — 1,44       | 3,54 2,24 |             | Pisani |            |
| 2                         | Einschluß Diabas-<br>typus          | Mt. Pelée      |                  | 65,43 21,84 | 12,73 3,57  | 8,87       | 5,74 38,83  | 55,43 0,46 | 6,42   | — 1,39     | 3,11 2,78 |              |           |             | Pisani |            |
| 3                         | Einschluß<br>Amphibolnorittyp.      | Mt. Pelée      |                  | 64,76 24,20 | 11,04 3,03  | 10,13      | 4,94 32,47  | 62,59 0,40 | 7,30   | 0,33 2,83  | 3,28      |              |           |             | Pisani |            |
| 4                         | Einschluß<br>Amphibolnorittyp.      | Rivière Claire | Allo-<br>morph   | 64,84 31,66 | 3,50 1,54   | 13,13      | 3,33 15,66  | 81,01 0,27 | 10,70  | 0,58 2,61  | 3,88      |              |           |             | Pisani |            |
| 5                         | Einschluß Norittypus                | La Calebasse   |                  | 66,80 34,34 | — 1,14      | 2,19 12,32 | 3,23 22,99  | 73,78 0,27 | 8,55   | 2,26 5,43  | 1,86      |              |           |             | Pisani |            |
| 6                         | Mikronorit                          | Mt. Pelée      |                  | 50,32 22,52 | 27,16 3,57  | 5,44 10,33 | 46,43 43,24 | 0,65 4,21  | — 2,79 | 2,72 1,68  |           |              |           |             | Pisani |            |
| 7                         | Cordieritmikronorit                 | Mt. Pelée      | Sym-<br>morph    | 51,00 22,42 | 26,58 3,90  | 4,95 15,52 | 45,61 38,87 | 0,99 3,37  | — 3,63 | 2,57 1,46  |           |              |           |             | Pisani |            |
| 8                         | Cordieritandesit<br>Typ. IV         | Mt. Pelée      |                  | 43,88 28,98 | 27,14 2,84  | 5,29 10,74 | 40,98 48,28 | 0,59 3,83  | — 5,20 | 3,17 1,98  |           |              |           |             | Pisani |            |
| 9                         | Poröser Cordierit-<br>andesit in G. | Mt. Pelée      |                  | 13,92 40,99 | 45,09 1,74  | — 11,50    | 88,50       | — 1,54     | 3,36   | 11,56 2,82 | 2,42      |              |           |             | Pisani |            |
| 10                        | Quarz und<br>Cordieritader          | Mt. Pelée      |                  | 22,20 29,67 | 48,13 2,64  | 0,27 85,25 | 9,71 5,04   | 2,37 0,74  |        | 12,45 0,95 | 0,54      |              |           |             | Pisani |            |

Literatur: A. Lacroix, La Montagne Pelée etc. ses Eruptions Paris 1904,  
S. 543, 550. — In Nr. 8–10 ist der Tonerdeüberschuß als Cordierit,  
resp. Andalusit berechnet und zu **M** zugeschlagen worden.



## Antillenbogen VI. Martinique. Aschen der Mt. Pelée 1902.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2  | 3  | 4               | 5  | 6     | 7      | 8     | 9      | 10     | 11    | 12    | 13    |
|--------------------------------------|-------|--|--|-----------------|--|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 59,40 | 60,01                                      | 63,23                                      | 59,97           | 59,90                                      | 60,25 | 59,95  | 61,95 | 62,75  | 66,20  | 63,70 | 73,3  | 72,40 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,39  | 0,45                                       | 0,40                                       | 0,72            | 0,55                                       | 0,48  | 0,23   | 0,19  | 0,32   | 0,38   | 0,31  | 0,4   | 0,10  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | 0,15                                       | 0,15                                       | 0,21            | 0,11                                       | 0,09  | 0,09   | 0,12  | 0,11   | —      | 0,13  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 18,51 | 17,54                                      | 16,73                                      | 18,13           | 17,40                                      | 18,30 | 19,40  | 18,59 | 17,90  | 17,58  | 18,18 | 13,6  | 15,90 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,77  | 2,88                                       | 2,58                                       | 2,28            | 3,54                                       | 2,78  | 2,25   | 1,43  | 2,38   | 1,56   | 2,56  | 1,3   | 1,05  |
| FeO . . .                            | 4,59  | 4,30                                       | 3,12                                       | 3,95            | 4,50                                       | 3,61  | 4,59   | 4,41  | 3,74   | 2,47   | 2,33  | 3,8   | 1,81  |
| MnO . . .                            | —     | 0,18                                       | 0,18                                       | Sp.             | Sp.  | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 2,45  | 2,76                                       | 1,84                                       | 2,44            | 2,25                                       | 2,73  | 2,84   | 2,61  | 2,56   | 1,80   | 2,28  | 2,4   | 0,63  |
| CaO . . .                            | 6,87  | 6,80                                       | 6,01                                       | 6,62            | 6,70                                       | 6,75  | 6,75   | 5,23  | 5,56   | 5,80   | 5,11  | 1,1   | 1,69  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,77  | 3,41                                       | 3,71                                       | 4,11            | 3,35                                       | 2,98  | 3,10   | 3,47  | 3,40   | 3,48   | 3,47  | 2,8   | 4,35  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,86  | 0,89                                       | 1,11                                       | 1,09            | 0,54                                       | 1,09  | 0,78   | 0,90  | 1,20   | 1,40   | 1,11  | 1,3   | 1,14  |
| Sonstige Bestandteile                | —     | S Sp.<br>BaO 0,03<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | S Sp.<br>BaO 0,03<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | NiO Sp.<br>0,48 | SO <sub>3</sub> 0,48<br>Cl 0,10<br>SrO Sp. | 0,68  | 0,62   | 0,89  | 0,12   | 0,37   | 0,31  | —     | 0,62  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 2,12  | 0,30                                       | 0,48                                       | —               | 0,50                                       | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | —     | 0,10                                       | 0,17                                       | —               | —  | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —     |
| Sa. . . .                            | 99,73 | 99,80                                      | 99,74                                      | 100,00          | 99,92                                      | 99,74 | 100,60 | 99,79 | 100,04 | 101,04 | 99,49 | 100,0 | 99,69 |
| Spez. Gew. . .                       | —     | —  | —  | —               | —  | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —     | —     |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 66,05 | 66,05 | 69,76 | 65,70 | 66,62 | 66,66 | 65,72 | 68,32 | 68,64 | 71,39 | 70,38 | 81,42 | 80,67 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,33  | 0,40  | 0,34  | 0,59  | 0,47  | 0,40  | 0,20  | 0,13  | 0,26  | 0,33  | 0,26  | —     | 0,06  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | 0,07  | 0,07  | 0,59  | 0,06  | —     | —     | 0,07  | 0,07  | —     | 0,06  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 12,07 | 11,36 | 10,85 | 11,70 | 11,42 | 11,89 | 12,50 | 12,04 | 11,48 | 11,13 | 11,80 | 8,86  | 10,29 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,33  | 1,19  | 1,06  | 0,92  | 1,47  | 1,19  | 0,92  | 0,60  | 0,98  | 0,65  | 1,06  | 0,53  | 0,40  |
| FeO . . .                            | 4,27  | 3,96  | 2,84  | 3,61  | 4,21  | 3,32  | 4,21  | 4,03  | 3,41  | 2,27  | 2,12  | 3,53  | 0,73  |
| MnO . . .                            | —     | 0,20  | 0,20  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . .                            | 4,07  | 4,56  | 3,04  | 4,01  | 3,74  | 4,52  | 4,67  | 4,30  | 4,20  | 2,91  | 3,78  | 0,40  | 0,07  |
| CaO . . .                            | 8,21  | 7,99  | 7,08  | 7,75  | 8,01  | 8,03  | 7,96  | 6,15  | 6,50  | 6,73  | 6,03  | 1,33  | 1,98  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,07  | 3,63  | 3,97  | 4,34  | 3,60  | 3,19  | 3,29  | 3,70  | 3,61  | 3,62  | 3,71  | 3,00  | 5,01  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,60  | 0,59  | 0,79  | 0,79  | 0,40  | 0,80  | 0,53  | 0,66  | 0,85  | 0,97  | 0,80  | 0,93  | 0,79  |



|    | Gestein                                    | Ort  | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sup>o</sup> | M <sup>o</sup> | CaO  | Fe <sup>o</sup> | Mt   | Analytiker       |        |
|----|--|--|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|----------------|----------------|------|-----------------|------|------------------|--------|
| 1  | Asche                                      | Saint Pierre, Nacht 2./3. Mai                        | 66,96 | 18,30 | 14,74 | 4,67 | 7,40 | 7,17  | 48,63 | 44,20 | 0,60           | 4,07           | 0,81 | 3,94            | 0,66 | Pisani           |        |
| 2  | Vulkanischer Staub                         | Bord des Roddam, 8. Mai                              | 62,32 | 19,14 | 18,54 | 4,22 | 7,14 | 7,57  | 46,60 | 45,83 | 0,59           | 4,56           | 0,85 | 2,97            | 2,38 | F. W. Hillebrand |        |
| 3  | Andesitbimsstein                           | Bord des Potomac, 20. Mai                            | 62,44 | 14,14 | 23,42 | 4,76 | 6,09 | 10,12 | 50,83 | 39,05 | 0,79           | 3,04           | 0,99 | 1,98            | 2,12 | F. W. Hillebrand |        |
| 4  | Andesitasche                               | Gefallen auf Barlados, Mai                           | 67,32 | 17,60 | 15,08 | 5,13 | 6,57 | 9,38  | 51,54 | 39,08 | 0,79           | 4,01           | 1,18 | 2,69            | 1,84 | W. Pollard       |        |
| 5  | Asche                                      | Saint Pierre, 5. Juni                                | 61,68 | 17,08 | 21,24 | 4,00 | 7,42 | 5,19  | 46,69 | 48,12 | 0,40           | 3,74           | 0,59 | 2,74            | 2,94 | E. Colonna       |        |
| 6  | Asche                                      | Lac des Palmistes, 30. Aug.,<br>ges. 15. Okt.        | 63,52 | 15,94 | 20,54 | 3,99 | 7,90 | 10,08 | 40,18 | 49,74 | 0,80           | 4,52           | 0,13 | 2,13            | 2,38 | Pisani           |        |
| 7  | Asche                                      | Kirche Morne Rouge, 30. Aug.<br>ges. 15. Okt.        | 63,12 | 17,76 | 19,12 | 3,82 | 7,96 | 6,79  | 42,18 | 51,03 | 0,53           | 4,67           | —    | 0,72            | 3,29 | 1,84             | Pisani |
| 8  | Asche                                      | Haus Parnasse, 30. Aug., ges. 5. Okt.                | 61,01 | 16,66 | 22,33 | 4,36 | 6,15 | 8,87  | 49,73 | 41,40 | 0,66           | 4,30           | —    | 1,53            | 4,32 | 1,20             | Pisani |
| 9  | Asche                                      | 30. Aug. gesammelt, 31. Aug. in<br>Roseau, Dominique | 62,20 | 15,22 | 22,58 | 4,46 | 6,50 | 11,02 | 46,82 | 42,16 | 0,85           | 4,20           | —    | 0,52            | 2,43 | 1,96             | Pisani |
| 10 | Asche                                      | 30. Aug., ges. 31. Aug. b. Camp<br>Jacob, Guadeloupe | 62,88 | 10,74 | 26,38 | 4,59 | 6,54 | 12,34 | 46,06 | 41,60 | 0,97           | 2,91           | 0,19 | 1,62            | 1,30 | Pisani           |        |
| 11 | Asche                                      | Glutwolke, 25. Jan. 1903,<br>Rivière blanche         | 61,46 | 11,80 | 26,74 | 4,51 | 6,03 | 10,62 | 49,27 | 40,11 | 0,80           | 3,78           | —    | 1,26            | 1,06 | 2,12             | Pisani |
| 12 | Bimsstein, durch<br>Fumarolen<br>verändert | Rivière Falaise                                      | 40,36 | 7,86  | 51,78 | 3,93 | 1,33 | 20,22 | 65,22 | 14,56 | 0,93           | 0,40           | —    | 3,60            | 3,00 | 1,06             | Pisani |
| 13 | Glas                                       | Vgl. Analyse IV, 10. S. 511                          | 56,83 | 1,60  | 41,57 | 5,80 | 1,98 | 11,63 | 73,79 | 14,58 | 0,79           | 0,07           | 2,41 | 0,33            | 0,80 | M. Arsandaux     |        |

Literatur: 1, 6—11. A. Lacroix, La Montagne Pelée et ses Eruptions, Paris 1904, S. 531. — 2—3. J. S. Diller,  
 Nat. Geogr. Magaz. 13, 1902, S. 291. — 4. J. J. H. Teall, Nature, June 5, 1902, S. 130. — 5. E. Colonna, At. Acad.  
 Scienc, Torino 38, 1903, S. 472.



## Antillenbogen VII. Guadeloupe (1—6), St. Eustatius (7—8), Saba (9—10).

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2     | 3      | 4     | 5      | 6     | 7     | 8     | 9     | 10     |
|--|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 51,85 | 75,25 | 73,25  | 63,50 | 58,48  | 55,75 | 69,54 | 55,72 | 60,80 | 57,10  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,96  | 0,06  | 0,14   | 0,38  | 0,58   | 0,77  | Sp.   | —     | —     | 0,51   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,06  | —     | —      | 0,05  | 0,05   | 0,07  | —     | —     | —     | Sp.    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 21,00 | 14,60 | 15,70  | 15,80 | 18,90  | 19,20 | 12,68 | 16,01 | 16,35 | 18,50  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,95  | 0,54  | 0,25   | 1,91  | 4,03   | 3,20  | 4,01  | 7,41  | 0,68  | 2,66   |
| FeO . . . . .                            | 5,07  | 1,60  | 1,90   | 3,22  | 4,00   | 4,77  | —     | —     | 5,14  | 4,08   |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —      |
| MgO . . . . .                            | 3,14  | 0,51  | 0,51   | 2,32  | 3,10   | 4,48  | 3,52  | 2,81  | 1,47  | 4,62   |
| CaO . . . . .                            | 9,68  | 1,06  | 0,92   | 5,31  | 6,70   | 7,47  | 4,41  | 8,59  | 6,92  | 7,74   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,60  | 4,28  | 3,38   | 3,07  | 2,84   | 2,18  | 3,71  | 4,79  | 6,71  | 2,91   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,70  | 1,72  | 1,94   | 1,54  | 1,13   | 0,86  | 1,43  | 3,30  | 1,12  | 1,00   |
| Sonst. Bestandt.                         | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,50  | —     | 2,25   | 2,37  | 0,62   | 0,87  | —     | —     | 0,37  | 1,05   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —      |
| Sa. . . . .                              | 99,53 | 99,62 | 100,24 | 99,47 | 100,43 | 99,62 | 99,30 | 98,63 | 99,56 | 100,17 |
| Spez. Gew. . . .                         | —     | 2,395 | —      | —     | —      | —     | —     | 2,41  | 2,71  | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 58,50 | 81,27 | 81,02 | 71,22 | 64,86 | 61,56 | 72,80 | 61,32 | 66,29 | 62,44 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,82  | 0,06  | 0,06  | 0,33  | 0,54  | 0,67  | —     | —     | —     | 0,40  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,07  | —     | —     | 0,03  | 0,03  | 0,07  | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 13,95 | 9,27  | 10,22 | 10,43 | 12,30 | 12,52 | 7,85  | 10,36 | 10,47 | 11,88 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,62  | 0,19  | 0,07  | 0,81  | 1,66  | 1,33  | —     | —     | 0,26  | 1,12  |
| FeO . . . . .                            | 4,74  | 1,43  | 1,73  | 2,96  | 3,72  | 4,46  | 4,15  | 6,14  | 4,65  | 3,74  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 5,28  | 0,84  | 0,86  | 3,37  | 5,12  | 7,46  | 5,53  | 4,62  | 2,42  | 7,55  |
| CaO . . . . .                            | 11,71 | 1,30  | 1,06  | 6,40  | 7,98  | 8,93  | 4,96  | 10,17 | 8,05  | 9,06  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,84  | 4,47  | 3,65  | 3,37  | 2,99  | 2,33  | 3,77  | 5,08  | 7,07  | 3,09  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,47  | 1,17  | 1,33  | 1,08  | 0,80  | 0,67  | 0,94  | 2,31  | 0,79  | 0,72  |



| N  | Gestein                  | Ort  | Lagerung                | L     | M     | Q     | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker          |
|----|--------------------------|--|-------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|------|------|------|---------------------|
| 1  | Basalt                   | Rücken zwischen Tal von Houelmont und Rivière Grand Citronnier |                         | 69,04 | 22,18 | 8,78  | 3,31 | 10,64 | 5,45  | 32,91 | 61,64 | 0,47             | 5,28 | 1,07 | 3,12 | 3,24 | Pisani              |
| 2  | Dazitobsidian            | Rivière des Vieux-Habitants                                    | Blöcke in Konglomeraten | 52,65 | 4,54  | 42,81 | 5,64 | 1,30  | 18,60 | 71,07 | 10,33 | 1,17             | 0,84 | —    | 2,33 | 1,24 | 0,38                |
| 3  | Sphärolith. Dazit        | Gegend des Rivière Saint Thomas                                |                         | 48,26 | 5,18  | 46,56 | 4,98 | 1,06  | 24,14 | 66,24 | 9,62  | 1,33             | 0,86 | —    | 4,18 | 1,66 | 0,14                |
| 4  | Perlit                   | Rivière Madame bei Vieux Fort                                  | Aus dem Konglomerat     | 59,52 | 13,50 | 26,98 | 4,45 | 5,98  | 14,51 | 45,30 | 40,19 | 1,08             | 3,37 | 0,42 | 2,15 | 1,62 | "                   |
| 5  | Andesit-labradorit       | Cascade de la Rivière noire                                    |                         | 62,77 | 17,68 | 19,55 | 3,79 | 7,98  | 10,28 | 38,43 | 51,29 | 0,80             | 5,12 | —    | 0,53 | 2,06 | 3,32                |
| 6  | Hypersthen-labradorit    | La Soufrière, Guadeloupe                                       |                         | 60,31 | 23,84 | 15,85 | 3,00 | 8,93  | 8,97  | 31,19 | 59,84 | 0,67             | 7,46 | —    | 0,59 | 3,13 | 2,66                |
| 7  | Dazitbimsstein           | White Wall, St. Eustatius                                      |                         | 50,24 | 23,00 | 26,76 | 4,71 | 3,14  | 14,97 | 60,03 | 25,00 | 0,94             | 5,53 | 1,82 | 4,15 | —    | G. A. F. Molengraaf |
| 8  | Andesit (Trachyandesit)  | Signal Hill, St. Eustatius                                     |                         | 71,00 | 35,92 | —     | 6,92 | 7,39  | 2,97  | 26,01 | 57,21 | 16,78            | 2,31 | 4,62 | 7,20 | 6,16 | "                   |
| 9  | Andesit                  | Saba Island  |                         | 73,32 | 25,02 | 1,66  | 7,86 | 2,61  | 8,61  | 77,02 | 14,37 | 0,79             | 2,42 | 5,44 | 4,39 | 0,52 | T. Nordström        |
| 10 | Andesit (Andesitlabrad.) | Saba Island, Kegel   |                         | 62,76 | 24,56 | 12,68 | 3,81 | 8,07  | 9,17  | 39,37 | 51,46 | 0,72             | 7,55 | 0,99 | 2,62 | 2,24 | Pisani              |

Literatur: 1—6, 10. A. Lacroix, La Montagne Pelée. Paris 1904. S. 579, 588.

7—8. G. A. F. Molengraaf, De Geologie van het Eiland Saint Eustatius. Leiden 1886. S. 47.

9. A. G. Högbom, Bull. Geol. Inst. Upsala 1905, Bd. 6, S. 230.



## Antillenbogen VIII. Leewards Inseln. Virginnes Inseln.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10     | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17     | 18     | 19                   |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 65,61  | 66,28 | 69,33 | 71,60 | 44,60 | 61,35 | 54,07 | 49,84 | 59,24 | 53,85  | 48,12 | 48,42 | 52,55 | 80,79 | 73,97 | 64,71 | 63,89  | 52,55  | 45,31                |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —     | —     | —     | 0,92  | —     | —     | —     | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —      | —                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —      | —                    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,26  | 16,23 | 12,77 | 13,63 | 15,28 | 15,39 | 16,30 | 18,32 | 18,16 | 17,15  | 18,60 | 17,49 | 14,20 | 11,13 | 12,09 | 15,09 | 15,08  | 14,96  | 9,96                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,47   | 2,71  | 2,19  | 3,03  | 8,50  | 4,41  | 5,75  | 4,16  | 3,26  | 4,08   | 4,00  | 6,79  | 9,43  | 0,35  | 2,90  | 2,56  | 4,63   | 5,80   | 3,43                 |
| FeO . . . . .                            | —      | 1,62  | —     | —     | 8,03  | 3,40  | 5,84  | 5,21  | 3,56  | 6,95   | 6,30  | 4,34  | 6,50  | —     | —     | —     | —      | 6,19   | 12,99                |
| MnO . . . . .                            | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —      | —                    |
| MgO . . . . .                            | 2,50   | 1,03  | 1,03  | 0,94  | 6,82  | 3,82  | 3,41  | 3,93  | 2,84  | 5,29   | 6,16  | 5,35  | 4,03  | —     | 1,03  | 1,16  | 1,06   | 3,22   | 2,56                 |
| CaO . . . . .                            | 7,66   | 4,03  | 7,23  | 3,37  | 14,50 | 6,60  | 7,63  | 12,31 | 6,31  | 8,99   | 7,36  | 9,83  | 6,68  | 0,21  | —     | 4,51  | 9,00   | 7,05   | 16,44                |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,19   | 3,36  | 4,75  | 4,54  | 0,33  | 3,87  | 4,00  | 3,24  | 4,00  | 3,01   | 4,11  | 3,98  | 4,51  | 4,22  | 3,38  | 5,29  | 1,00   | 5,37   | 0,41                 |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,09   | 1,60  | 0,42  | 1,31  | 0,01  | 0,95  | 0,90  | —     | 1,31  | 0,24   | 1,09  | 0,55  | 0,20  | 1,85  | 3,55  | 1,38  | 3,95   | 2,83   | 0,25                 |
| Sonst. Bestandt.                         | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —      | CO <sub>2</sub> 5,39 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | —      | 2,65  | 1,47  | 0,63  | 0,56  | 0,58  | 1,35  | 2,05  | 0,87  | 0,58   | 3,63  | 2,68  | 1,62  | 1,26  | 1,54  | 4,86  | 1,45   | 2,48   | 3,77                 |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —      | —                    |
| Sa. . . . .                              | 100,78 | 99,51 | 99,19 | 99,05 | 99,55 | 99,87 | 99,25 | 99,06 | 99,55 | 100,14 | 99,37 | 99,43 | 99,72 | 99,81 | 98,46 | 99,56 | 100,06 | 100,45 | 100,51               |
| Spez. Gew. . . .                         | 2,72   | 2,61  | 2,69  | 2,701 | 3,059 | 2,860 | 2,895 | 2,960 | 2,801 | —      | 2,854 | 2,902 | 2,905 | 2,64  | 2,637 | 2,72  | 2,702  | 2,87   | —                    |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 69,07 | 75,12 | 75,51 | 77,88 | 49,37 | 67,17 | 61,12 | 56,23 | 65,89 | 58,57 | 54,90 | 54,97 | 60,53 | 86,79 | 81,87 | 73,50 | 70,12 | 58,57 | 53,17 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | 0,80  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,73 | 10,81 | 8,16  | 8,68  | 10,03 | 9,91  | 10,85 | 12,11 | 11,88 | 10,96 | 12,46 | 11,72 | 9,63  | 7,02  | 7,90  | 10,08 | 9,74  | 10,96 | 6,90  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —     | 1,15  | —     | —     | 3,52  | 1,84  | 2,44  | 1,76  | 1,34  | 1,70  | 1,71  | 3,34  | 4,09  | —     | —     | —     | —     | 1,70  | 1,49  |
| FeO . . . . .                            | 1,96  | 1,50  | 0,91  | 2,48  | 7,38  | 3,09  | 3,89  | 4,87  | 3,34  | 6,33  | 6,02  | 4,09  | 5,26  | 0,26  | 2,39  | 2,18  | 3,82  | 6,33  | 12,75 |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 5,50  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 3,98  | 1,77  | 1,70  | 1,89  | 11,36 | 5,45  | 5,77  | 6,63  | 4,74  | 8,61  | 10,54 | 9,13  | 6,99  | —     | 1,73  | 1,98  | 1,84  | 8,61  | 4,50  |
| CaO . . . . .                            | 8,71  | 4,83  | 8,43  | 4,05  | 17,21 | 7,75  | 9,23  | 14,88 | 7,54  | 10,50 | 9,03  | 11,92 | 8,31  | 0,26  | —     | 5,45  | 10,60 | 10,50 | 20,63 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,29  | 3,67  | 5,03  | 4,63  | 0,33  | 4,13  | 4,41  | 3,52  | 4,34  | 3,13  | 4,52  | 4,43  | 8,05  | 4,38  | 3,59  | 5,79  | 1,05  | 3,13  | 0,42  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,26  | 1,15  | 0,26  | 0,39  | —     | 0,66  | 0,68  | —     | 0,93  | 0,20  | 0,82  | 0,40  | 0,14  | 1,29  | 2,52  | 1,02  | 2,83  | 0,20  | 0,14  |



| N  | Gestein                 | Ort                           | Lagerung           | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO   | Mt   | Analytiker |
|----|-------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|------|------------|
| 1  | Quarzaugit-diorit       | St. Martin, Leewards Inseln   | durchbricht metam. | 65,12 | 18,94 | 15,94 | 5,55 | 5,18 | 15,48 | 52,70 | 31,82 | 1,26             | 3,98  | 3,53  | 1,96  | —    | Cleve      |
| 2  | Syenit-porphyr Granit   | Gustavia, St. Bartholémy      | Kalksteine         | 59,04 | 6,54  | 34,42 | 4,82 | 4,83 | 15,88 | 50,69 | 33,43 | 1,15             | 1,77  | —1,16 | 0,35  | 2,30 | "          |
| 3  |                         | Long Bay, Sound, Virgin Gorda |                    | 53,80 | 16,34 | 29,86 | 5,29 | 2,87 | 3,86  | 74,74 | 21,40 | 0,26             | 1,70  | 5,56  | 0,91  | —    | "          |
| 4  | (Granit                 | Georges Dog, bei Virgin Gorda |                    | 54,80 | 9,52  | 35,68 | 5,02 | 3,66 | 5,69  | 67,59 | 26,72 | 0,39             | 1,89  | 0,39  | 2,48  | —    | "          |
| 5  | Olivin-gabbro           | Beef Island, O. von Tortola   |                    | 41,44 | 52,50 | 6,06  | 0,33 | 9,70 | —     | 6,37  | 93,63 | —                | 11,36 | 7,51  | 3,86  | 7,04 | "          |
| 6  | Quarzdiorit (Adamellit) | Beef Island, O. von Tortola   |                    | 58,80 | 22,34 | 18,86 | 4,79 | 5,12 | 8,96  | 56,04 | 35,00 | 0,66             | 5,45  | 2,63  | 1,25  | 3,68 | "          |
| 7  | Diabas                  | Whising Cay, St. John         | Alter              | 63,76 | 29,48 | 6,76  | 5,09 | 5,76 | 8,53  | 55,33 | 36,14 | 0,68             | 5,77  | 3,47  | 3,06  | 4,88 | "          |
| 8  | Diabas                  | Coral Bay, St. John           |                    | 62,52 | 35,58 | 1,90  | 3,52 | 8,59 | —     | 45,01 | 54,99 | —                | 6,63  | 6,29  | 3,11  | 3,52 | "          |
| 9  | Quarzdiorit             | Marys Point, St. John         | Kreide             | 68,60 | 18,02 | 13,38 | 5,27 | 6,61 | 10,84 | 50,58 | 38,58 | 0,93             | 4,74  | 0,93  | 2,00  | 2,68 | "          |
| 10 | Diorit                  | Ginger Island                 | Eozän              | 57,16 | 35,62 | 7,22  | 3,33 | 7,63 | 2,80  | 43,78 | 53,42 | 0,20             | 8,61  | 2,87  | 4,63  | 3,40 | "          |
| 11 | Diabas                  | Bucks Island, St. Thomas      |                    | 71,20 | 36,94 | —8,14 | 5,34 | 7,12 | 9,21  | 50,79 | 40,00 | 0,82             | 10,54 | 1,91  | 4,31  | 3,42 | "          |
| 12 | Diabas                  | Coki Point, St. Thomas        |                    | 66,20 | 36,50 | —2,70 | 4,83 | 6,89 | 4,83  | 53,50 | 41,67 | 0,40             | 9,13  | 5,03  | 0,75  | 6,68 | "          |
| 13 | Diabas                  | Red Point, St. Thomas         |                    | 59,28 | 32,24 | 8,48  | 5,19 | 4,44 | 1,89  | 68,15 | 29,96 | 0,14             | 6,99  | 3,87  | 1,17  | 8,18 | "          |
| 14 | Quarz-porphyr           | Red Point, St. Thomas         |                    | 47,49 | 0,52  | 51,99 | 5,67 | 0,26 | 22,24 | 75,52 | 2,24  | 1,29             | —     | —1,09 | 0,26  | —    | "          |
| 15 | Quarz-porphyr           | Regis Point, St. Thomas       |                    | 50,67 | 8,24  | 41,09 | 6,11 | —    | 41,24 | 58,76 | —     | 2,52             | 1,73  | —1,79 | 2,39  | —    | "          |
| 16 | Quarzporphyr            | Bucks Island, St. Thomas      |                    | 67,56 | 12,68 | 19,76 | 6,81 | 3,27 | 12,07 | 68,52 | 19,41 | 1,02             | 1,98  | 2,18  | 2,18  | —    | "          |
| 17 | Felsit?                 | Adlers Villa, St. Croix       |                    | 54,48 | 20,80 | 24,72 | 3,88 | 5,86 | 15,42 | 41,56 | 43,02 | 2,83             | 1,84  | 4,74  | 3,82  | —    | "          |
| 18 | Labrador-phorphyrit     | Culebra                       |                    | 57,16 | 35,62 | 7,22  | 3,33 | 7,63 | 3,23  | 50,48 | 46,29 | 0,20             | 8,61  | 2,87  | 4,63  | 3,40 | "          |
| 19 | Anorthit-andesit        | St. Thomas                    |                    | 29,84 | 63,08 | 7,08  | 0,56 | 6,34 | 3,75  | 11,26 | 84,99 | 0,14             | 4,50  | 14,29 | 11,26 | 2,98 | Siemirazky |

Literatur: 1–18. P. T. Cleve, On the Geology of the northeastern West-India Islands.  
 Kgl. Vetensk. Handl. Bd. 9, Nr. 12. Stockholm 1871.  
 A. G. Högbom, Zur Petrographie der Kleinen Antillen.  
 Bull. Geol. Inst. Upsala 1905, Bd. 6, S. 214–232.



## Mexiko I., Tuxtla und Puebla.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5                    | 6     | 7     | 8     | 9                     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 48,65 | 52,18 | 48,88 | 58,71 | 43,32                | 43,12 | 44,49 | 48,25 | 53,10                 | 45,42 | 51,98 | 52,85 | 52,18 | 49,09 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,28  | 0,92  | 1,24  | 1,06  | 1,62                 | 1,64  | 2,12  | 2,01  | 1,05                  | 1,24  | 0,36  | 0,35  | Sp.   | 0,58  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,31  | 0,27  | 0,34  | 0,60  | 0,70                 | 0,34  | 0,17  | 0,37  | 0,45                  | 0,40  | 0,99  | 0,40  | Sp.   | 0,50  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,44 | 13,30 | 14,34 | 15,05 | 12,13                | 12,00 | 12,33 | 13,31 | 15,70                 | 5,79  | 17,20 | 13,25 | 15,44 | 11,98 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 7,81  | 6,43  | 5,29  | 5,13  | 6,96                 | 6,44  | 6,96  | 5,04  | 4,38                  | 4,65  | 8,22  | 2,36  | 4,26  | 6,22  |
| FeO . . . . .                            | 4,42  | 5,04  | 5,68  | 3,87  | 5,44                 | 7,51  | 6,23  | 6,60  | 0,81                  | 6,62  | 2,00  | 8,71  | 5,10  | 7,94  |
| MnO . . . . .                            | 0,22  | 0,15  | 0,24  | 0,11  | 0,21                 | 0,25  | 0,16  | 0,17  | 0,05                  | 0,09  | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 4,47  | 5,55  | 7,99  | 2,00  | 11,58                | 13,50 | 11,06 | 9,42  | 4,82                  | 18,62 | 5,41  | 6,84  | 8,89  | 7,62  |
| CaO . . . . .                            | 10,15 | 9,85  | 10,42 | 6,07  | 12,82                | 10,58 | 11,09 | 9,87  | 8,54                  | 12,95 | 8,17  | 8,47  | 8,57  | 10,59 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,42  | 2,72  | 3,48  | 2,73  | 2,67                 | 3,52  | 2,59  | 3,40  | 4,16                  | 2,46  | 3,84  | 4,72  | 2,11  | 3,93  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,35  | 1,10  | 0,72  | 2,93  | 0,67                 | 0,84  | 1,14  | 1,81  | 2,67                  | 0,75  | 0,90  | 1,53  | 0,55  | 2,00  |
| Sonstige Bestandteile                    | —     | —     | —     | —     | CO <sub>2</sub> 0,53 | —     | —     | —     | FeS <sub>2</sub> 3,53 | —     | —     | —     | —     | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,05  | 1,79  | 0,75  | 0,89  | 1,24                 | 0,29  | 1,18  | 0,08  | 0,73                  | 0,65  | 0,62  | 0,93  | 2,16  | —     |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,94  | 0,58  | 0,46  | 0,61  | 0,40                 | 0,10  | 0,53  | 0,17  | —                     | 0,25  | —     | —     | —     | —     |

|                  |       |       |       |       |        |        |        |        |       |       |       |        |       |        |
|------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Sa. . . . .      | 99,51 | 99,88 | 99,83 | 99,76 | 100,29 | 100,13 | 100,05 | 100,50 | 99,99 | 99,88 | 99,69 | 100,41 | 99,26 | 100,45 |
| Spez. (Gew. . .) | 2,84  | 2,82  | 2,92  | 2,58  | 2,96   | 3,02   | 3,05   | 2,99   | 2,67  | 3,06  | 2,72  | 2,93   | 2,848 | 2,33   |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 55,68 | 58,14 | 52,97 | 66,82 | 46,38 | 44,94 | 47,81 | 51,10 | 65,17 | 44,56 | 58,61 | 56,17 | 56,71 | 52,45 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,10  | 0,77  | 1,01  | 0,90  | 1,30  | 1,28  | 1,71  | 1,60  | 1,04  | 0,91  | 0,30  | 0,28  | —     | 0,46  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,15  | 0,13  | 0,16  | 0,29  | 0,31  | 0,15  | 0,08  | 0,16  | 0,29  | 0,16  | 0,47  | 0,18  | —     | 0,22  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,40 | 8,72  | 9,14  | 10,07 | 7,64  | 7,35  | 7,80  | 8,29  | 11,34 | 3,35  | 11,41 | 8,28  | 9,87  | 7,53  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,35  | 2,68  | 2,15  | 2,19  | 2,79  | 2,52  | 2,80  | 2,00  | 2,06  | 1,71  | 3,47  | 0,94  | 1,73  | 2,50  |
| FeO . . . . .                            | 4,22  | 4,68  | 5,12  | 3,67  | 4,86  | 6,52  | 5,58  | 5,83  | 0,81  | 5,41  | 1,88  | 7,72  | 4,62  | 7,07  |
| MnO . . . . .                            | 0,21  | 0,14  | 0,22  | 0,10  | 0,19  | 0,22  | 0,15  | 0,15  | 0,07  | 0,08  | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 7,67  | 9,27  | 12,98 | 3,42  | 18,60 | 21,10 | 17,83 | 14,96 | 0,88  | 27,40 | 9,15  | 10,90 | 14,49 | 12,21 |
| CaO . . . . .                            | 12,44 | 11,76 | 12,10 | 7,40  | 14,70 | 11,81 | 12,77 | 11,20 | 11,19 | 13,61 | 9,87  | 9,64  | 9,98  | 12,12 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,79  | 2,93  | 3,65  | 3,01  | 2,77  | 3,55  | 2,69  | 3,48  | 5,01  | 2,34  | 4,19  | 4,85  | 2,22  | 4,07  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,99  | 0,78  | 0,50  | 2,13  | 0,46  | 0,56  | 0,78  | 1,23  | 2,14  | 0,47  | 0,65  | 1,04  | 0,38  | 1,37  |



| N  | Gestein         | Ort   | Lagerung                            | L           | M | Q      | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sup>s</sup> | MgO   | CaO   | FeO  | M    | Analytiker   |
|----|-----------------|---|-------------------------------------|-------------|---|--------|------|------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|------|------|--------------|
| 1  | Basalt          | SO. San Martin b. Papayan                   | Fuß                                 | 60,72 37,84 |   | 1,44   | 4,78 | 5,62 | 13,04 | 49,93 | 37,03 | 0,99           | 7,67  | 6,82  | 1,08 | 6,70 | R. A. Sonder |
| 2  | Basalt          | Sta. Marta, Tuxtla                          | Kraterwand                          | 49,72 41,68 |   | 8,60   | 3,71 | 5,01 | 12,52 | 47,03 | 40,45 | 0,78           | 9,27  | 6,75  | 2,14 | 5,36 | "            |
| 3  | Basalt          | Rio Salado, nahe Mündung                    | Socket                              | 53,16 50,86 |   | -4,02  | 4,15 | 4,99 | 7,52  | 54,89 | 37,59 | 0,50           | 12,98 | 7,11  | 3,19 | 4,30 | "            |
| 4  | Pyroxenandesit  | Bastonal, Sta. Marta,<br>Sierra de Acajucan | Älter als die<br>Basalte,<br>Socket | 60,84 19,32 |   | 19,84  | 5,14 | 4,93 | 27,99 | 39,55 | 32,46 | 2,13           | 3,42  | 2,47  | 1,58 | 4,38 | "            |
| 5  | Basalt          | Nopotepek, Iaco Catemaco                    | Rand                                | 43,48 67,88 |   | -11,36 | 3,23 | 4,41 | 8,44  | 50,83 | 40,73 | 0,46           | 18,60 | 10,29 | 2,26 | 5,58 | "            |
| 6  | Basalt          | Schlot des Mono Blanco<br>N. Catemaco       | Krater                              | 45,84 72,82 |   | -18,66 | 4,11 | 3,24 | 9,77  | 61,96 | 28,27 | 0,56           | 21,10 | 8,57  | 4,22 | 5,04 | "            |
| 7  | Basalt          | Eyipantlafall, S. Andres,<br>oder Catemaco? | Socket                              | 45,08 64,00 |   | -9,08  | 3,47 | 4,33 | 13,83 | 47,69 | 38,48 | 0,78           | 17,83 | 8,44  | 2,93 | 5,60 | "            |
| 8  | Basalt          | San Martin, Tuxtla                          | Ausbruch<br>1793                    | 52,00 57,12 |   | -9,12  | 4,71 | 3,58 | 18,92 | 53,54 | 27,54 | 1,23           | 14,96 | 7,62  | 3,98 | 4,00 | "            |
| 9  | Diorit          | Arroyo del Oro,<br>nahe Mündung             | Socket                              | 73,96 18,77 |   | 7,27   | 7,15 | 4,19 | 23,14 | 54,16 | 22,70 | 2,14           | 0,88  | 7,00  | —    | 2,94 | "            |
| 10 | Basalt          | Cerro Santiago de Tuxtla                    | Somma                               | 24,64 91,92 |   | -16,56 | 2,81 | 0,54 | 15,26 | 75,97 | 8,77  | 0,47           | 27,40 | 13,07 | 3,78 | 3,42 | "            |
| 11 | Basalt          | Cerro de Guadalupe, Puebla                  |                                     | 65,00 30,25 |   | 4,75   | 4,84 | 6,57 | 8,00  | 51,54 | 40,46 | 0,65           | 9,15  | 3,30  | —    | 5,35 | A. Röhrig    |
| 12 | Basalt          | Cerro S. Miguel, Atlixco,<br>Puebla         |                                     | 56,68 51,74 |   | -8,42  | 5,89 | 2,39 | 14,67 | 68,40 | 16,93 | 1,04           | 10,90 | 7,25  | 6,78 | 1,88 | A. Hoppe     |
| 13 | Basalt          | Cerro S. Miguel, Atlixco,<br>Puebla         |                                     | 49,88 43,64 |   | 6,48   | 2,60 | 7,27 | 6,09  | 35,58 | 58,33 | 0,38           | 14,49 | 2,71  | 2,89 | 3,46 | A. Röhrig    |
| 14 | Vitroph. Basalt | S. Maria b. Atlixco, Puebla                 |                                     | 51,88 58,62 |   | -10,50 | 5,44 | 2,09 | 21,11 | 62,71 | 16,18 | 1,37           | 12,21 | 10,03 | 4,57 | 5,00 | A. Hoppe     |

Literatur: 1—10. J. Friedländer und R. A. Sonder, Zeitschr. f. Vulk. VII, S. 182.  
 11—14. Felix und Lenk, Beiträge z. Geol. Mexikos II, 1899, S. 211, 213, 220.



## Mexiko II. Popocatepetl, Iztaccihuatl, Laco Chalco usw.

## A. Gewichtsprocente.

|                                     | 1   | 2   | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 8   | 9     | 10     | 11    | 12     | 13     | 14     | 15     |
|-------------------------------------|---|---|--------|--------|--------|--------|-------|---|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .              | 62,51   | 58,07   | 60,91  | 61,24  | 59,84  | 66,02  | 64,22 | 51,56   | 47,30 | 64,48  | 61,06 | 62,89  | 65,03  | 75,23  | 75,64  |
| TiO <sub>2</sub> . . .              | 1,02  | 1,27  | 0,33   | —      | —      | 0,05   | 0,21  | 1,81  | 1,47  | —      | Sp.   | 0,83   | —      | —      | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . | 0,23  | 0,29  | Sp.    | —      | —      | —      | Sp.   | 0,47  | 1,61  | —      | Sp.   | 0,20   | —      | 0,27   | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 16,62   | 15,83   | 18,08  | 18,32  | 18,57  | 17,06  | 16,36 | 15,24   | 18,27 | 16,50  | 15,42 | 16,42  | 18,83  | 12,36  | 12,68  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 1,12  | 2,97  | 2,40   | 6,17   | 4,76   | 2,14   | 2,93  | 2,73  | 2,24  | 3,47   | 8,01  | 2,64   | 2,35   | 0,96   | 1,07   |
| FeO . . .                           | 3,75  | 3,89  | 3,85   | =5,55  | =4,28  | 3,01   | 2,50  | 5,99  | 6,95  | =2,123 | =7,21 | 2,24   | =2,12  | 1,24   | =0,96  |
| MnO . . .                           | 0,10  | 0,06  | —      | —      | —      | —      | —     | 0,15  | —     | —      | Sp.   | 0,08   | —      | —      | —      |
| MgO . . .                           | 3,30  | 5,56  | 3,54   | 3,76   | 2,95   | 1,97   | 1,94  | 8,30  | 6,78  | 1,60   | 3,55  | 2,50   | 2,06   | 0,01   | Sp.    |
| CaO . . .                           | 5,10  | 6,70  | 5,56   | 5,06   | 4,69   | 4,64   | 5,85  | 7,67  | 7,95  | 4,42   | 7,11  | 4,77   | 4,43   | 1,00   | 0,83   |
| Na <sub>2</sub> O . . .             | 4,28  | 3,89  | 4,16   | 3,15   | 2,85   | 3,98   | 3,96  | 3,78  | 5,99  | 3,13   | 2,66  | 4,07   | 4,38   | 4,00   | 4,98   |
| K <sub>2</sub> O . . .              | 1,86  | 1,73  | 1,01   | 2,37   | 2,72   | 1,44   | 0,73  | 1,85  | 1,00  | 3,72   | 1,40  | 2,15   | 2,24   | 4,62   | 3,51   |
| Sonst. Bestandteile                 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,02<br>BaO 0,14<br>SrO 0,03 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,01<br>BaO 0,07<br>SrO 0,04 | —      | —      | —      | —      | —     | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,01<br>BaO 0,07<br>SrO 0,05 | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O+ . .               | 0,53  | 0,23  | 0,71   | 0,67   | 4,10   | 0,36   | 0,84  | 0,16  | 0,07  | 2,94   | 0,68  | 1,00   | 1,00   | 0,73   | 1,58   |
| H <sub>2</sub> O — . .              | 0,15  | 0,18  | —      | —      | —      | —      | —     | 0,15  | —     | —      | —     | 0,55   | —      | —      | —      |
| Sa. . . .                           | 100,76  | 100,79  | 100,55 | 100,74 | 100,48 | 100,67 | 99,54 | 99,99   | 99,63 | 100,26 | 99,89 | 100,45 | 100,32 | 100,42 | 100,29 |
| Spez. Gew.                          | —   | —   | 2,641  | 2,612  | 2,177  | 2,544  | 2,598 | —   | 2,856 | —      | 2,658 | —      | 2,589  | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .              | 67,53 | 62,26 | 66,33 | 66,38 | 67,79 | 71,68 | 70,83 | 54,99 | 51,65 | 72,17 | 65,98 | 69,58 | 71,17 | 81,85 | 82,36 |
| TiO <sub>2</sub> . . .              | 0,82  | 1,02  | 0,27  | —     | —     | 0,04  | 0,17  | 1,45  | 1,21  | —     | —     | 0,69  | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . | 0,10  | 0,13  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,21  | 0,74  | —     | —     | 0,09  | —     | 0,13  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 10,56 | 9,98  | 11,58 | 11,68 | 12,38 | 10,90 | 10,62 | 9,56  | 11,73 | 10,87 | 9,80  | 10,69 | 12,12 | 7,91  | 8,12  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 0,45  | 1,22  | 0,98  | —     | —     | 0,87  | 1,21  | 1,09  | 0,92  | —     | —     | 1,10  | 0,39  | 0,39  | —     |
| FeO . . .                           | 3,37  | 3,47  | 3,50  | 5,01  | 4,04  | 2,72  | 2,30  | 5,33  | 6,32  | 2,91  | 6,49  | 2,06  | 1,93  | 1,12  | 0,87  |
| MnO . . .                           | 0,09  | 0,05  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,13  | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     |
| MgO . . .                           | 5,34  | 8,94  | 5,78  | 6,11  | 5,01  | 3,21  | 3,21  | 13,28 | 11,11 | 2,69  | 5,75  | 4,15  | 3,38  | 0,01  | —     |
| CaO . . .                           | 5,96  | 7,72  | 6,49  | 5,88  | 5,69  | 5,40  | 6,92  | 8,80  | 9,30  | 5,30  | 8,23  | 5,69  | 5,20  | 1,17  | 0,97  |
| Na <sub>2</sub> O . . .             | 4,47  | 4,03  | 4,38  | 3,30  | 3,13  | 4,18  | 4,23  | 3,90  | 6,33  | 3,40  | 2,78  | 4,36  | 4,64  | 4,21  | 5,24  |
| K <sub>2</sub> O . . .              | 1,31  | 1,18  | 0,69  | 1,64  | 1,96  | 1,00  | 0,51  | 1,26  | 0,69  | 2,66  | 0,97  | 1,52  | 1,56  | 3,21  | 2,44  |



| N  | Gestein                | Ort                                   | Lagerung      | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sup>2</sup> O | Na <sup>2</sup> O | CaO   | O <sub>2</sub> H | Mt   | Analytiker  |
|----|------------------------|---------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------------------|-------|------------------|------|-------------|
| 1  | Andesit                | Malacate, Popocatepetl                |               | 65,36 | 19,96 | 14,68 | 5,78 | 4,78 | 16,03 | 54,72 | 29,25 | 1,31             | 5,34              | 1,18  | 3,01             | 0,90 | F. N. Guild |
| 2  | Hypersthen-<br>andesit | Tlmacas, Popocatepetl                 |               | 60,76 | 30,82 | 8,42  | 5,21 | 4,77 | 15,53 | 53,02 | 31,45 | 1,18             | 8,94              | 2,95  | 2,30             | 2,44 | "           |
| 3  | Andesit                | Iztaccihuatl                          |               | 66,54 | 18,56 | 14,90 | 5,07 | 6,49 | 8,29  | 52,65 | 39,06 | 0,69             | 5,78              | -0,02 | 2,52             | 1,96 | A. Röhrig   |
| 4  | Hornblende-<br>andesit | Iztaccihuatl                          |               | 63,90 | 22,24 | 13,86 | 4,94 | 5,88 | 20,81 | 41,88 | 37,31 | 1,64             | 6,11              | -0,85 | 5,01             | —    | "           |
| 5  | Bimsstein              | Bei Amecameca                         |               | 65,08 | 18,10 | 16,82 | 5,09 | 5,69 | 24,69 | 39,42 | 55,89 | 1,96             | 5,01              | 2,19  | 4,04             | —    | "           |
| 6  | Andesit                | Cerro de Tlapacoya,<br>Laco Chalco    |               | 63,36 | 11,86 | 24,78 | 5,18 | 5,40 | 12,69 | 53,05 | 34,26 | 1,00             | 3,21              | 3,71  | 1,85             | 1,74 | "           |
| 7  | Hornblende-<br>andesit | Insel Xico, Laco Chalco               |               | 61,44 | 13,10 | 25,46 | 4,74 | 5,88 | 6,64  | 55,08 | 38,28 | 0,51             | 3,21              | 5,59  | 1,09             | 2,42 | "           |
| 8  | Basalt                 | Salto de Antou,<br>Cuernavaca         |               | 58,88 | 46,28 | 5,16  | 5,16 | 4,40 | 17,12 | 52,99 | 29,89 | 1,26             | 13,28             | 4,40  | 4,37             | 2,18 | F. N. Guild |
| 9  | Basalt                 | Pedregal bei Tlalpam                  |               | 75,00 | 44,04 | 19,04 | 7,02 | 4,71 | 7,36  | 67,48 | 25,16 | 0,69             | 11,11             | 4,59  | 5,40             | 1,84 | P. Kraus    |
| 10 | Andesit                | N. Sierra de Guadalupe,<br>bei Mexiko | prähistorisch | 67,72 | 12,18 | 20,10 | 6,06 | 4,81 | 31,41 | 40,14 | 28,45 | 2,66             | 2,69              | 0,49  | 2,91             | —    | Lagorio     |
| 11 | Hypersthen-<br>andesit | Cerro Guerrero,<br>bei Mexiko         |               | 54,20 | 28,84 | 16,96 | 3,75 | 6,05 | 14,31 | 41,00 | 44,69 | 0,97             | 5,75              | 2,18  | 6,49             | —    | Koenig      |
| 12 | Andesit                | Chapultepec, bei Mexiko               |               | 66,28 | 14,32 | 19,40 | 5,88 | 4,81 | 18,34 | 52,59 | 29,07 | 1,52             | 4,15              | 0,88  | 1,03             | 2,20 | F. N. Guild |
| 13 | Andesit                | Nevada de Toluca                      | präglazial    | 71,12 | 10,62 | 18,26 | 6,20 | 5,20 | 17,73 | 52,72 | 29,55 | 1,56             | 3,38              | -0,72 | 1,93             | —    | Lagorio     |
| 14 | Obsidian               | Cerro de los Navajos,<br>Tulancingo   | bis pliozän   | 61,32 | 3,62  | 35,06 | 7,42 | 0,49 | 41,85 | 54,89 | 3,26  | 3,21             | 0,01              | 0,68  | 0,73             | 0,78 | F. Baerwald |
| 15 | Obsidian               | Cerro de los Navajos,<br>Tulancingo   |               | 63,20 | 2,80  | 34,00 | 7,68 | 0,44 | 30,89 | 66,33 | 2,78  | 2,44             | —                 | 0,53  | 0,87             | —    | "           |

Literatur: 1, 2, 8, 12, F. N. Guild, Amer. J. Sc. 22, 1906, S. 164, 167, 170. — 3-7, 9, 11, H. Lenk, Beiträge z. Geol. Mexikos II, 1892, S. 100, 103, 229, 233. — 10, 13, A. Lagorio, Tscherm. P. Mitt. 8, 1887, S. 458. — 14, 15, C. A. Tenne, Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 37, 1884, S. 616.



## Mexiko III. Jorullo, Durango.

| A. Gewichtsprocente.           |        |        |        |        |        |        |       |                               |                                 |        |  |   |                                  |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------------------------------|---------------------------------|--------|--|---|----------------------------------|
|                                | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 8                             | 9                               | 10     | 11   | 12  | 13                               |
| SiO <sub>2</sub>               | 51,82  | 52,63  | 52,39  | 51,57  | 70,22  | 62,07  | 73,92 | 66,32                         | 66,77                           | 61,73  | 65,62                                      | 61,52                                     | 59,50                            |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,06   | 1,13   | 1,36   | 0,92   | 0,74   | 0,80   | —     | Sp.                           | Sp.                             | —      | 0,66                                       | 0,78                                      | 1,01                             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,01   | —      | —      | —      | 0,14   | 0,10   | —     | 0,18                          | —                               | —      | 0,36                                       | 0,45                                      | 0,89                             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18,03  | 19,95  | 18,10  | 18,74  | 15,34  | 16,03  | 12,38 | 15,06                         | 17,40                           | 18,87  | 15,33                                      | 16,00                                     | 14,78                            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,75   | 3,26   | 0,51   | 2,23   | 0,33   | 0,80   | 1,62  | 4,59                          | 2,87                            | 2,63   | 2,39                                       | 2,93                                      | 1,93                             |
| FeO                            | 6,88   | —      | —      | —      | —      | —      | —     | 0,53                          | 0,33                            | 2,64   | —  | —   | 1,23                             |
| MnO                            | —      | 4,26   | 7,42   | 7,27   | 2,00   | 4,76   | 0,56  | Sp.                           | 0,12                            | —      | 1,46                                       | 2,05                                      | Sp.                              |
| MgO                            | 7,81   | 6,95   | 7,46   | 7,02   | 0,92   | 3,34   | 0,27  | 0,86                          | 1,05                            | 1,09   | 1,56                                       | 2,03                                      | 3,09                             |
| CaO                            | 8,60   | 8,31   | 8,22   | 8,58   | 2,31   | 5,45   | 0,33  | 1,63                          | 1,49                            | 5,93   | 3,40                                       | 6,72                                      | 7,87                             |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,74   | 2,80   | 3,45   | 2,95   | 2,72   | 3,07   | 3,49  | 1,32                          | 5,81                            | 4,24   | 2,88                                       | 3,09                                      | 4,44                             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,91   | 0,89   | 0,86   | 0,84   | 5,32   | 2,80   | 5,39  | 6,82                          | 2,13                            | 3,16   | 3,78                                       | 3,83                                      | 3,95                             |
| Sonstige Bestandteile          | S 0,02 | S Sp.  | S Sp.  | S Sp.  | —      | S 0,01 | —     | S 0,05<br>Sb 0,14<br>PbO 0,09 | SO <sub>2</sub> 0,87<br>PbO Sp. | —      | CO <sub>2</sub> 0,24<br>S 0,55<br>SrO 0,05 | CO <sub>2</sub> 0,45<br>S Sp.<br>SrO 0,11 | CO <sub>2</sub> 0,18<br>SrO 0,05 |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,62   | 0,43   | 0,57   | 0,33   | 0,48   | 0,55   | 1,69  | 1,28                          | 1,14                            | 0,22   | 1,85                                       | 0,16                                      | 0,84                             |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,21   | 0,08   | 0,10   | 0,12   | 0,13   | 0,26   | —     | ZnO 0,57<br>CoO 0,15          | —                               | —      | —  | —   | 0,39                             |
| Spez. Gew.                     | 100,46 | 100,69 | 100,44 | 100,57 | 100,65 | 100,04 | 99,65 | 99,62                         | 99,98                           | 100,51 | 100,16                                     | 100,12                                    | 100,15                           |
| B. Molekularprocente.          |        |        |        |        |        |        |       |                               |                                 |        |  |   |                                  |
|                                | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 8                             | 9                               | 10     | 11   | 12  | 13                               |
| SiO <sub>2</sub>               | 54,85  | 56,84  | 55,54  | 55,25  | 76,72  | 67,46  | 82,28 | 77,04                         | 75,35                           | 68,50  | 74,07                                      | 68,21                                     | 65,41                            |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,84   | 0,91   | 1,08   | 0,74   | 0,60   | 0,65   | —     | —                             | —                               | —      | 0,56                                       | 0,65                                      | 0,83                             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,01   | —      | —      | —      | 0,06   | 0,05   | —     | 0,09                          | —                               | —      | 0,17                                       | 0,21                                      | 0,41                             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,26  | 12,67  | 11,29  | 11,81  | 9,86   | 10,25  | 8,11  | 10,29                         | 11,55                           | 12,32  | 10,18                                      | 10,44                                     | 9,56                             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,30   | 1,32   | 0,20   | 0,96   | 0,14   | 0,33   | 0,67  | 2,00                          | 1,21                            | 1,09   | 1,01                                       | 1,22                                      | 0,80                             |
| FeO                            | 6,11   | 3,84   | 6,57   | 6,49   | 1,82   | 4,31   | 0,52  | 0,51                          | 0,31                            | 2,44   | 1,38                                       | 1,90                                      | 1,13                             |
| MnO                            | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —                             | 0,12                            | —      | —  | —   | —                                |
| MgO                            | 12,37  | 11,26  | 11,86  | 11,28  | 1,51   | 5,44   | 0,45  | 1,50                          | 1,77                            | 1,81   | 2,64                                       | 3,37                                      | 5,09                             |
| CaO                            | 9,79   | 9,62   | 9,34   | 9,85   | 2,70   | 6,34   | 0,39  | 2,03                          | 1,80                            | 7,05   | 4,11                                       | 7,98                                      | 9,27                             |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,85   | 2,93   | 3,54   | 3,05   | 2,88   | 3,23   | 3,76  | 1,48                          | 6,35                            | 4,55   | 3,15                                       | 3,31                                      | 4,72                             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,62   | 0,61   | 0,58   | 0,57   | 3,71   | 1,94   | 3,82  | 5,06                          | 1,54                            | 2,24   | 2,73                                       | 2,71                                      | 2,78                             |



| N  | Gestein             | Ort                                     | Lagerung            | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | O <sub>2</sub> <sup>a</sup> <sub>N</sub> | MgO   | CaO   | O <sub>2</sub> <sup>a</sup> <sub>F</sub> | Mt   | Analytiker    |
|----|---------------------|---|---------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--|-------|-------|--|------|---------------|
| 1  | Nephelinbasalt      | Plateau de la Higuera, Jorullo          |                     | 62,92 | 42,96 | -5,88 | 4,47 | 6,79 | 5,50  | 34,20 | 60,30 | 0,62                                     | 12,37 | 3,00  | 5,81                                     | 0,60 | F. Roel       |
| 2  | Basalt              | Volcancito del Sur, Jorullo             | Bombe               | 64,84 | 31,18 | 3,98  | 3,54 | 9,13 | 7,52  | 36,13 | 56,35 | 0,61                                     | 11,26 | 0,49  | 2,52                                     | 2,64 | F. Roel       |
| 3  | Basalt              | Malpais, Jorullo                        | Letzter Strom IV    | 61,64 | 41,20 | -2,84 | 4,12 | 7,17 | 7,52  | 45,92 | 46,56 | 0,58                                     | 11,86 | 2,17  | 6,37                                     | 0,40 | F. Roel       |
| 4  | Basalt              | Malpais, Jorullo                        | Kern eines Hornito  | 61,72 | 38,86 | -0,58 | 3,62 | 8,19 | 7,38  | 39,51 | 53,11 | 0,57                                     | 11,28 | 1,66  | 5,53                                     | 1,92 | F. Roel       |
| 5  | Diorit              | Jorullo, Grund des Kraters              | Einschluß im Basalt | 64,09 | 6,66  | 29,25 | 6,59 | 2,70 | 46,73 | 36,27 | 17,00 | 3,71                                     | 1,51  | -0,57 | 1,68                                     | 0,28 | F. Roel       |
| 6  | Diorit              | Cerro de Perico, Jorullo                |                     | 61,68 | 22,02 | 16,30 | 5,17 | 5,08 | 25,16 | 41,90 | 32,94 | 1,94                                     | 5,44  | 1,26  | 3,97                                     | 0,66 | F. Roel       |
| 7  | Rhyolith            | Cerro Mercado, NO.-Durango              |                     | 62,34 | 2,09  | 35,57 | 7,58 | 0,39 | 49,10 | 48,33 | 2,57  | 3,82                                     | 0,45  | -0,14 | —  | 1,19 | F. Roel       |
| 8  | Rhyolith            | Cerro Mercado, NO.-Durango              |                     | 62,16 | 5,51  | 32,33 | 6,54 | 2,03 | 66,93 | 19,58 | 13,49 | 5,06                                     | 1,50  | -1,72 | —  | 2,51 | H. W. Nichols |
| 9  | Rhyolith            | Ciudad de Rocas, b. Durango             |                     | 72,18 | 5,30  | 22,52 | 7,89 | 1,80 | 17,52 | 72,24 | 10,24 | 1,54                                     | 1,77  | 1,86  | —  | 1,64 | H. W. Nichols |
| 10 | Quarzdiorit         | Carrizal, Nuevo Leon                    |                     | 76,44 | 11,54 | 12,02 | 6,79 | 5,53 | 23,43 | 47,59 | 28,98 | 2,24                                     | 1,81  | 1,52  | 1,35                                     | 2,18 | H. W. Nichols |
| 11 | Tonalit             | Aranzazu, Concepcion del Oro, Zacatecas |                     | 63,67 | 8,04  | 28,29 | 5,88 | 4,11 | 34,39 | 39,67 | 25,94 | 2,73                                     | 2,64  | -0,19 | 0,37                                     | 2,02 | H. W. Nichols |
| 12 | Granodiorit, Diorit | Aranzazu, Concepcion del Oro            | Post-kretazäisch    | 65,84 | 17,66 | 16,50 | 6,02 | 4,42 | 32,93 | 40,22 | 26,85 | 2,71                                     | 3,37  | 3,56  | 0,68                                     | 2,44 | M. Dittrich   |
| 13 | Granodiorit, Syenit | Aranzazu Concepcion del Oro             | Eozän?              | 68,24 | 26,86 | 4,90  | 7,50 | 2,06 | 32,59 | 55,33 | 12,08 | 2,78                                     | 5,09  | 7,21  | 0,33                                     | 1,16 | M. Dittrich   |

Literatur: 1—5. E. Ordoñez, Congrès Geol. Int. X, Guide 11, 1906, S. 55. —  
6—8. O. C. Farrington, Field Columbian Museum, P. Nr. 89, Geol. Ser. 2, Nr. 5,  
1904, S. 205, 222, 224. — 9. J. G. Aguilera, Bol. Soc. Geol. Mexico V, 1909, S. 85.  
10—12. A. Bergeat, N. J. f. Min. BB. 28, 1909, S. 438.



## Mexiko IV. San José, Tamaulipas.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2     | 3  | 4  | 5     | 6     | 7     | 8      | 9      |
|--|-------|-------|--|--|-------|-------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 45,75 | 48,49 | 58,40                                      | 52,83  | 49,42 | 42,49 | 62,31 | 48,03  | 47,05  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | 0,25                                       | 0,16   | —     | —     | —     | —      | 2,30   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | Sp.   | —     | 0,20                                       | 0,03   | —     | —     | 0,07  | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 18,51 | 18,99 | 20,25                                      | 20,70  | 22,99 | 17,68 | 18,63 | 20,98  | 13,68  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 6,55  | 9,59  | 1,78                                       | 2,84   | 2,70  | 5,12  | 2,38  | 7,06   | 6,90   |
| FeO . . . . .                            | 6,02  | 1,00  | 2,41                                       | 1,19   | 1,89  | 5,90  | 1,33  | 4,51   | 9,96   |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | Sp.  | Sp.  | —     | —     | —     | —      | —      |
| MgO . . . . .                            | 5,06  | 5,05  | 0,49                                       | 0,41   | 0,45  | 5,28  | 0,60  | 4,43   | 6,47   |
| CaO . . . . .                            | 11,85 | 10,78 | 3,11                                       | 1,00   | 2,59  | 15,81 | 5,91  | 9,54   | 11,54  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,41  | 3,47  | 7,01                                       | 9,94   | 9,63  | 4,29  | 4,97  | 3,28   | 2,86   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,35  | 1,42  | 5,39                                       | 4,87   | 4,21  | 2,97  | 3,52  | 1,99   | 1,17   |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —     | —     | SO <sub>3</sub> 0,06<br>Cl 0,02<br>BaO Sp. | CO <sub>2</sub> 0,15<br>SO <sub>3</sub> Sp.<br>Cl 0,06 | —     | —     | —     | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,20  | 0,55  | 0,57                                       | 5,13   | 5,73  | 0,38  | 0,07  | 0,40   | 0,12   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,06  | 0,10  | 0,27                                       | 0,37   | —     | —     | 0,16  | 0,21   | —      |
| Sa. . . . .                              | 99,76 | 99,44 | 100,21                                     | 99,68  | 99,61 | 99,92 | 99,95 | 100,43 | 102,05 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —     | —     | —  | —  | —     | —     | —     | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 51,29 | 55,43 | 66,71 | 65,17 | 61,03 | 46,89 | 69,55 | 54,53 | 50,39 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | 0,21  | 0,15  | —     | —     | —     | —     | 1,86  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | 0,10  | 0,01  | —     | —     | 0,03  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,21 | 12,77 | 13,61 | 14,74 | 16,70 | 11,47 | 12,23 | 14,01 | 8,61  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,75  | 4,11  | 0,76  | 1,29  | 1,25  | 2,12  | 1,00  | 3,00  | 2,76  |
| FeO . . . . .                            | 5,62  | 0,95  | 2,30  | 1,20  | 1,94  | 5,42  | 1,24  | 4,26  | 8,93  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 8,51  | 8,66  | 0,83  | 0,74  | 0,83  | 8,74  | 1,00  | 7,54  | 10,41 |
| CaO . . . . .                            | 14,24 | 13,20 | 3,80  | 1,30  | 3,42  | 18,69 | 7,07  | 11,61 | 13,24 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,70  | 3,84  | 7,75  | 11,64 | 11,51 | 4,58  | 5,37  | 3,60  | 2,96  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,68  | 1,04  | 3,93  | 3,76  | 3,32  | 2,09  | 2,51  | 1,45  | 0,84  |



| № | Gestein              | Ort   | Lagerung                | L      | M     | Q      | A     | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|---|----------------------|---|-------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------------|
| 1 | (Diorit)<br>Monzonit | San José, Tamaulipas                                    |                         | 70,36  | 43,08 | -13,44 | 5,38  | 6,83  | 19,09 | 42,05 | 38,86 | 1,68             | 8,51  | 7,41  | 2,87 | 5,50 | Finlay           |
| 2 | (Diorit)<br>Monzonit | San José, Tamaulipas                                    | Obereozäne<br>Intrusiva | 70,60  | 33,00 | -3,60  | 4,88  | 7,89  | 11,78 | 43,49 | 44,73 | 1,04             | 8,66  | 5,31  | —    | 5,06 | "                |
| 3 | Nephelin-<br>syenit  | San José, Tamaulipas                                    | "                       | 101,16 | 10,00 | -11,16 | 11,68 | 1,93  | 31,07 | 61,26 | 7,67  | 3,93             | 0,83  | 1,87  | 1,54 | 1,52 | H. S. Washington |
| 4 | Tinguait             | San José, Tamaulipas                                    | "                       | 117,92 | 10,44 | -28,36 | 15,40 | -0,66 | 25,51 | 74,49 | —     | 3,76             | 0,74  | 1,30  | 0,57 | 1,26 | "                |
| 5 | Analzim-<br>tinguait | San José, Tamaulipas                                    | "                       | 126,12 | 8,64  | -34,76 | 14,83 | 1,87  | 21,05 | 72,99 | 5,96  | 3,32             | 0,83  | 1,55  | 0,69 | 2,50 | Finlay           |
| 6 | Camptonit            | San José, Tamaulipas                                    | "                       | 72,56  | 56,10 | -28,66 | 6,67  | 4,80  | 23,04 | 50,50 | 26,46 | 2,09             | 8,74  | 13,89 | 3,30 | 4,24 | "                |
| 7 | (Andesit)<br>Trachyt | San José, Tamaulipas                                    | "                       | 80,44  | 9,92  | 9,64   | 7,88  | 4,35  | 24,95 | 53,38 | 21,67 | 2,51             | 1,00  | 2,72  | 0,24 | 2,00 | "                |
| 8 | Basalt               | San José, Tamaulipas                                    | "                       | 76,24  | 28,90 | -5,14  | 5,05  | 8,96  | 15,22 | 37,78 | 47,00 | 1,45             | 7,54  | 2,65  | 1,26 | 6,00 | "                |
| 9 | Trachydoleit         | San Rafael und Las<br>Comas, Aldamagebiet<br>Tamaulipas | Diluviale<br>Decke      | 49,64  | 55,54 | -5,18  | 3,80  | 4,81  | 13,55 | 47,74 | 38,71 | 0,84             | 10,41 | 8,43  | 6,17 | 5,52 | Weltstein        |

Literatur: 1—8. G. J. Finlay, An. N.Y. Acad. Science 24, 1904, S. 266, 268, 271, 281, 285, 289.  
 9. Staub und Lagler, Zeitschr. f. Vulk., Bd. 4, 1921—1922, S. 108.



## Mexiko. Colima. Nevado de Colima. Oaxaca.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10   | 11     | 12     |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 60,98  | 61,98  | 57,51  | 58,75  | 59,45  | 59,05  | 57,60  | 51,30  | 66,53  | 53,68                                      | 68,15  | 65,10  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,09   | 0,22   | 0,57   | 0,26   | 0,41   | 0,17   | 0,35   | 0,53   | 0,33   | 0,88                                       | —      | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | Sp.    | Sp.    | Sp.    | Sp.    | Sp.    | Sp.    | Sp.    | 0,34   | Sp.    | 0,51                                       | —      | 0,30   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 19,06  | 18,11  | 14,77  | 17,64  | 16,59  | 17,00  | 16,40  | 16,61  | 16,67  | 16,96                                      | 15,00  | 16,16  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,12   | 1,81   | 4,92   | 3,14   | 4,32   | 4,81   | 3,33   | 0,85   | 0,56   | 5,00                                       | 1,18   | 3,28   |
| FeO . . . . .                            | 4,26   | 3,51   | 4,88   | 3,70   | 3,26   | 1,12   | 3,89   | 6,89   | 4,26   | 2,41                                       | 0,60   | 0,90   |
| MnO . . . . .                            | —      | 0,19   | 0,20   | 0,31   | 0,23   | 0,17   | 0,21   | 0,26   | 0,15   | —  | —      | —      |
| MgO . . . . .                            | 1,20   | 2,54   | 4,36   | 1,76   | 3,60   | 4,49   | 5,73   | 7,21   | 1,22   | 1,79                                       | 0,87   | 1,82   |
| CaO . . . . .                            | 6,87   | 6,06   | 6,82   | 7,25   | 6,55   | 7,19   | 7,29   | 10,02  | 4,14   | 10,18                                      | 1,91   | 4,30   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,52   | 3,34   | 4,68   | 7,24   | 3,70   | 4,20   | 3,82   | 3,08   | 3,46   | 3,55                                       | 3,13   | 3,35   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,86   | 2,26   | 1,76   | 2,24   | 1,76   | 2,14   | 1,14   | 3,16   | 2,78   | 0,76                                       | 0,96   | 2,40   |
| Sonstige Bestandteile                    | Cl Sp. | Cl Sp. | Cl Sp. | Cl Sp. | Cl Sp. | Cl Sp. | Cl Sp. | —      | —      | CO <sub>2</sub> Sp.<br>SO <sub>3</sub> Sp. | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . .               | —      | —      | —      | 0,10   | 0,38   | 0,06   | 0,05   | —      | 0,15   | —  | 8,70   | 2,58   |
| H <sub>2</sub> O — . . . .               | —      | —      | —      | —      | 0,20   | 0,03   | —      | —      | 0,13   | —  | —      | —      |
| Sa. . . . .                              | 100,31 | 100,02 | 100,47 | 99,61  | 100,45 | 100,43 | 99,81  | 100,25 | 100,38 | 100,60                                     | 100,50 | 100,19 |
| Spez. Gew. . .                           | 2,569  | 2,666  | 2,736  | 2,701  | 2,719  | 2,700  | 2,807  | 2,830  | 2,699  | 2,736                                      | 2,497  | 2,574  |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 66,95 | 67,90 | 62,90 | 65,51 | 65,54 | 64,19 | 62,23 | 54,90 | 73,35 | 62,47 | 80,26 | 73,30 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | 0,20  | —     | —     | —     | 0,77  | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,25  | —     | 0,14  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,29 | 11,64 | 9,42  | 11,52 | 10,70 | 10,89 | 10,37 | 10,34 | 10,77 | 11,61 | 10,40 | 10,70 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,46  | 0,74  | 2,00  | 1,31  | 1,78  | 1,96  | 1,34  | 0,34  | 0,23  | 2,18  | 0,52  | 1,39  |
| FeO . . . . .                            | 3,89  | 3,19  | 4,40  | 3,43  | 2,98  | 0,98  | 3,48  | 6,08  | 3,90  | 2,34  | 0,59  | 0,84  |
| MnO . . . . .                            | 0,32  | 0,18  | 0,18  | 0,29  | 0,21  | 0,20  | 0,19  | 0,23  | 0,14  | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 1,97  | 4,16  | 7,06  | 2,93  | 5,92  | 7,30  | 9,24  | 11,45 | 1,13  | 3,12  | 1,53  | 3,07  |
| CaO . . . . .                            | 8,03  | 7,09  | 7,92  | 8,63  | 7,70  | 8,41  | 8,40  | 11,37 | 4,87  | 12,69 | 2,41  | 5,19  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,79  | 3,53  | 4,91  | 4,79  | 3,93  | 4,44  | 3,97  | 3,16  | 3,66  | 4,00  | 3,57  | 3,65  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,30  | 1,57  | 1,21  | 1,59  | 1,24  | 1,43  | 0,78  | 2,13  | 1,95  | 0,57  | 0,72  | 1,72  |



| Gestein               | Ort  | Lagerung               | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker   |
|-----------------------|--|------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|------|------|------|--------------|
| 1 Augit-andesit       | Vulkan Colima, O-Katerand                                  |                        | 73,52 | 16,02 | 10,46 | 6,09 | 6,20 | 10,58 | 38,97 | 50,45 | 1,30             | 1,97  | 1,83 | 3,75 | 0,92 | F. v. Vigier |
| 2 Augit-andesit       | V. Colima. NO-Fuß  | Strom des Kraters 1893 | 66,96 | 16,16 | 16,88 | 5,10 | 6,54 | 13,49 | 30,33 | 56,18 | 1,57             | 4,16  | 0,55 | 2,63 | 1,48 | "            |
| 3 Andesit             | Ocoté del Lindero, Colima                                  | Bombe                  | 62,16 | 32,52 | 5,32  | 6,12 | 3,30 | 12,85 | 52,12 | 35,03 | 1,21             | 7,06  | 4,62 | 2,58 | 4,00 | "            |
| 4 Augit-andesit       | Gipfel Nevado de Colima                                    |                        | 71,60 | 20,28 | 8,12  | 6,38 | 5,14 | 13,80 | 41,58 | 44,62 | 1,59             | 2,93  | 3,49 | 2,41 | 2,62 | "            |
| 5 Pyroxen-andesit     | Rancho zw. La Joya und Hacienda Huescapa, Nevado de Colima |                        | 63,48 | 22,56 | 13,96 | 5,17 | 5,53 | 11,59 | 36,73 | 51,68 | 1,24             | 5,92  | 2,17 | 1,41 | 3,56 | "            |
| 6 Augit-andesit       | Piedra Rara, Weg Zapotlán La Joya, Nevado Colima           |                        | 67,04 | 24,72 | 8,24  | 5,87 | 5,02 | 13,13 | 40,77 | 46,10 | 1,43             | 7,30  | 3,39 | —    | 3,14 | "            |
| 7 Augit-andesit       | Hacienda Providencia, Nordfuß                              |                        | 60,48 | 31,38 | 8,14  | 4,75 | 5,62 | 7,52  | 38,28 | 54,20 | 0,78             | 9,24  | 3,65 | 2,37 | 2,60 | "            |
| 8 Basalt              | Apasteptl, Nevado Colima                                   |                        | 62,52 | 48,16 | 10,68 | 5,29 | 5,05 | 20,60 | 30,56 | 48,84 | 2,13             | 11,45 | 6,32 | 5,97 | 0,68 | "            |
| 9 Diorit              | Sierra Confradia, SW-Zacateco                              |                        | 64,65 | 10,34 | 25,01 | 5,61 | 4,87 | 18,10 | 34,88 | 47,02 | 1,95             | 1,13  | —    | 0,29 | 3,81 | 0,46         |
| 10 Hypersthen-andesit | Ejútla, Oaxaca   |                        | 64,72 | 22,22 | 13,06 | 4,57 | 7,04 | 7,05  | 49,44 | 43,51 | 0,57             | 3,12  | 5,65 | 0,16 | 4,36 | A. Röhrig    |
| 11 Rhyolith           | Oaxaca   |                        | 47,66 | 4,24  | 48,10 | 4,29 | 2,41 | 13,07 | 64,79 | 22,14 | 0,72             | 1,53  | —    | 3,70 | 0,07 | 1,04         |
| 12 Trachyt            | Tlaxiaco, Oaxaca   |                        | 63,86 | 8,37  | 27,77 | 5,37 | 5,19 | 21,58 | 45,80 | 32,62 | 1,72             | 3,07  | —    | 0,14 | —    | 2,23         |

Literatur: 1—9. P. Waitz, Le Volcan de Colima, Léve Guide N. Congrès International. Mexico 1906, XLI, S. 21. Taf. I.  
 10—12. H. Lenk, Beiträge zur Geol. Mexikos II, 1899, S. 123, 129, 132.



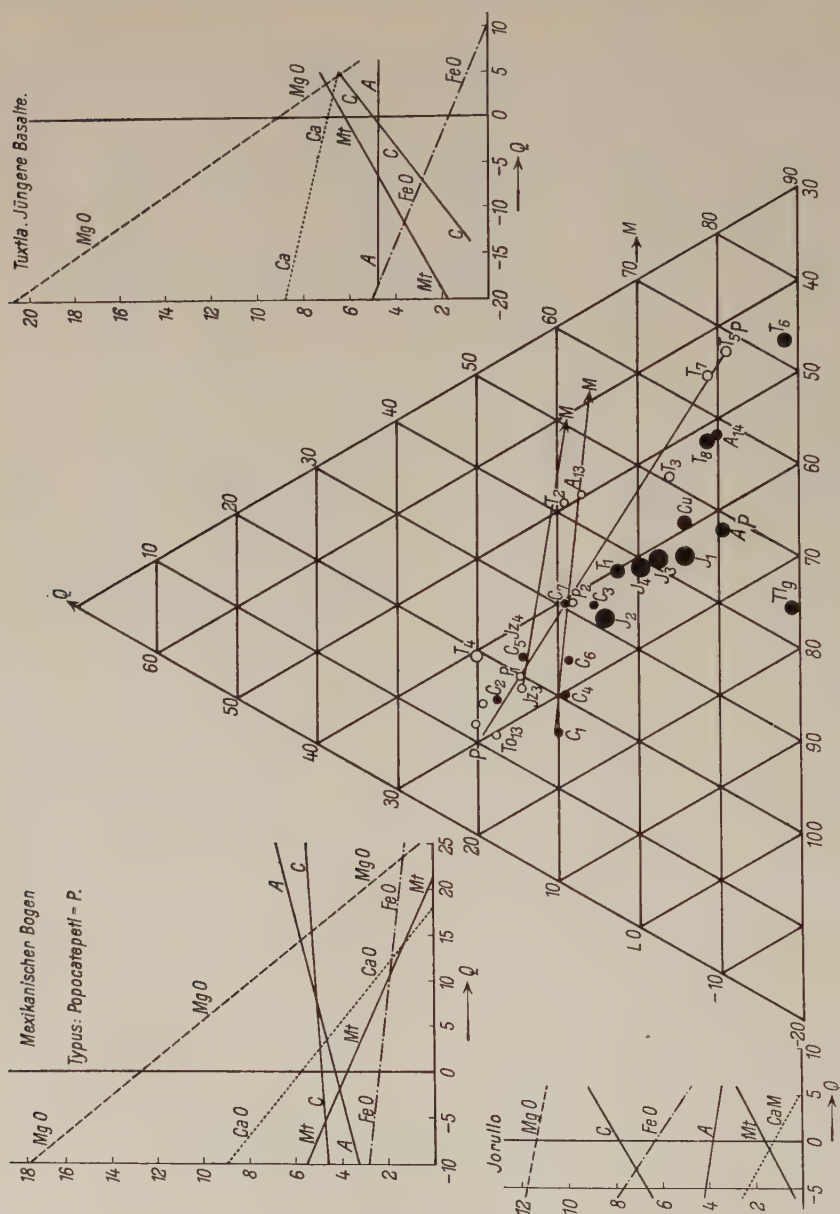


Abb. 35. Gesteine des mexikanischen Bogens.  
 A = Atlixco; Ap = Apastepec; C = Colima; Cu = Cuernavaca; J = Jorullo; Jz = Jztacachiual;  
 A = Atlixco; Ap = Apastepec; C = Colima; Cu = Cuernavaca; J = Jorullo; Jz = Jztacachiual;  
 To = Toluca; T = Tuxtla; Tl = Tlalpan; P = Popocatepetl.

## Wichtige Literatur.

### A. Allgemein.

C. Will. Hayes Physiography and Geology of Region adjacent to Nicaragua Canal Route. Bull. Geol. Soc. Am. 1899, X, S. 285—348, Karte.

O. Lutz. Beiträge zur Geologie des Panamakanals. Peterm. Mitt. 1915, 61, S. 350, 389.



M. Reinhard. Géologie de la Région orientale du Vénézuéla. C. R. Soc. de Physique et d'Histoire Nat. de Genève Vol. 39, 1, S. 13—16. Genf 1922.

D. F. MacDonald. The sedimentary Formations of the Panama Canal Zone, with special Reference to the Stratigraphic Relations of the fossiliferous Beds. Smithsonian Institution, U. S. Nat. Museum. Bull. 103, S. 525—545. Washington 1919.

C. Sapper. Sobre la geografía física y la geología de la península de Yucatan. Instituto geológico de Mexico. Boll. 3, S. 57, Profile, Karten. Mexiko 1896.

C. Sapper. Beiträge zur physischen Geographie von Honduras. Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1902, S. 33—56, 143—164, 231—241.

C. Sapper. Ergebnisse seiner Reisen in Mittelamerika. Verhandl. Ges. f. Erdk., Berlin 1900, S. 417—426. Karte mit Leitlinien.

C. Sapper. In den Vulkangebieten Mittelamerikas und Westindiens, Reise-schilderungen und Studien über die Vulkanausbrüche der Jahre 1902—1903, ihrer geologischen, wirtschaftlichen und sozialen Folgen. 78 Abb., 28 Tafeln. Stuttgart 1905 (E. Nägele).

C. Sapper. Mittelamerikanische Reisen. Braunschweig 1901.

C. Sapper. Über Gebirgsbau und Boden des südlichen Mittelamerika. Petermanns Mitt. Ergh. 151, 1905, 2 Karten, 2 Profiltafeln.

C. Sapper. Vulkankunde. Stuttgart 1927, bei J. Engelhorn.

C. Sapper. Neuere vulkanische Ereignisse in Mittelamerika. Zentralbl. f. Min. 1904, S. 449—450.

C. Sapper. Über die räumliche Anordnung der mittelamerikanischen Vulkane. Zeitschr. D. Geol. Ges. 49, 1897, S. 672—682, Karte.

C. Sapper. Die geographische Bedeutung der mittelamerikanischen Vulkane. Zeitschr. Ges. f. Erdk., Berlin 1902, S. 512—536.

C. Sapper. Die vulkanische Tätigkeit in Mittelamerika im 20. Jahrhundert. Z. f. Vulk. IX, 1925—1926, I. Teil, S. 156—203; II. Teil, S. 231—271.

C. Sapper. Die mittelamerikanischen Vulkane. Petermanns Mitt. Ergh. 178, 1913, S. 1—170.

E. Sueß. Antlitz der Erde. III, 2, 1909. Ausführliches Literaturverzeichnis S. 511—512.

S. Powers. Notes on the Geology of Eastern Guatemala and Northwestern, Spanish Honduras. Journ. of Geol. 26, S. 524—531; ref. N. J. f. Min. 1923, I.

Th. W. Vaughan. The biologic Character and geologic Correlations of the sedimentary Formations of Panama in their relation to the geologic History of Centralamerica and the Westindies. Smithsonian Institution, U. S. Nat. Museum Bull. 103, S. 547—612. Washington 1919.

Th. W. Vaughan. Fossil Corals from Centralamerica, Cuba and Porto Rico, with an account of the american Tertiary, Pleistocene, and recent Coral Reefs. Smithsonian Institution, U. S. Nat. Museum Bull. 103, S. 189—524.

## B. Mittelamerika.

I. Friedländer. Über den vulkanischen Ausbruch in San Salvador im Juni 1917. Z. f. Vulk. IV, 1918, S. 193.

I. Friedländer. Weitere Nachrichten über den Ausbruch in San Salvador. Z. f. Vulk. IV, 1918, S. 308.

I. Friedländer. Berichte über die jüngste vulkanische Tätigkeit in Mittelamerika. Z. f. Vulk. X, 1927, S. 114.



J. Lentz. Die Abtragungsvorgänge in den vulkanischen Lockermassen der Republik Guatemala. Mitt. Geog. Ges. Würzburg 1925.

F. Romanones. Geology of a part of Costarica. Quat. Journ. Geol. Soc. Vol. 68, S. 103—139.

C. Sapper. Die südlichsten Vulkane Mittelamerikas. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 53, 1901, S. 24—51, 5 Fig.

C. Sapper. Der Vulkan Las Pilas in Nicaragua. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 51, 1899, S. 578—581, Karte.

C. Sapper. Erdbebenserie von Masaya (Nicaragua), 1. bis 5. Januar 1906. Zentralbl. f. Min. 1906, S. 257.

C. Sapper. Die Hölle von Masaya. N. J. f. Min. BB. 39, S. 415—445.

C. Sapper. Über die Infiernillos von Chinameca. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 49, 1897, S. 906—908.

C. Sapper. Das nicaraguanische Erdbeben vom 29. April 1898 und die Mariabiosvulkane. Globus 75, 1899, S. 201—208, Karte.

C. Sapper. Die jüngsten Ereignisse am Vulkan Izalca (Salvador). Zentralbl. f. Min. 1903, S. 103—112.

C. Sapper. Der Ausbruch des Vulkans Santa Maria in Guatemala (Oktober 1902). Zentralbl. f. Min. 1903, S. 33—44, 3 Fig., S. 65—72.

C. Sapper. Ein neuer Vulkanausbruch in Mittelamerika. Zentralbl. f. Min. 1905, S. 172—175 (bezieht sich auf den Momotombo Ende Januar 1905).

C. Sapper. Geschwistervulkane in Guatemala. Z. f. Vulk. IV, 1918, S. 1—14.

C. Sapper. Die vulkanischen Ereignisse in Mittelamerika im Jahre 1902. N. Jahrb. f. Min. 1904, I, S. 39—90, T. 3—9, 8 Textf.

C. Sapper. Dampfquellen und Schlammvulkane in San Salvador. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1896, S. 14.

J. F. Tristan. The Activity of the Volcano Irazú in Costarica. Zeitschr. f. Vulk. VII, 1923/24, S. 93—104.

#### C. Antillen.

A. Lacroix. La Montagne Pelée et ses Eruptions. Paris 1907. (Diese große Monographie enthält eine ausführliche Zusammenstellung der umfangreichen Literatur über den Antillenbogen.)

P. T. Cleve. On the Geology of the northeastern West India Islands, Kgl. Vetensk. Handl. 9, Nr. 12. Stockholm 1871.

A. G. Högbom. Zur Petrographie der kleinen Antillen. Bull. Geol. Inst. Upsala 1905, VI, S. 214—232.

G. A. F. Molengraaf. De Geologie van het Eiland Saint Eustatius. Leiden 1886.

C. Sapper. Ein Besuch der Insel Grenada. Zentralbl. f. Min. 1903, S. 182.

Bericht über einen Besuch von St. Vinzent. Z. f. Min. 1903, S. 284.

Zur Kenntnis der Insel Santa Lucia. Z. f. Min. 1903, S. 273.

Ein Besuch der Insel Montserrat (Westindien). Z. f. Min. 1903, S. 279.

Ein Besuch der Insel Nevis und St. Kitts (S. Christopher). Z. f. M. 1903, S. 284.

Ein Besuch von Domenica. Z. f. Min. 1903, S. 305.

Ein Besuch von S. Eustatius und Saba. Z. f. Min. 1903, S. 314.

Ein Besuch von Guadeloupe. Z. f. Min. 1903, S. 319.

Der Krater der Soufrière von St. Vinzent. Z. f. Min. 1903, S. 369.



## D. Mexiko.

G. Aguilera. Les Volcans du Mexique dans leurs relations avec le Relief et la Tectonique générale du Pays. C. R. X. Congrès Intern. Géol. Mexico 1906, II, S. 1155 bis 1168, 1 Karte.

Dr. Atl. L'attività del Popocatepetl. Z. f. V. VI, 1921/22, S. 183.

E. Böse. Reseña acerca de la geología de Chiapas y Tabasco. Bol. Inst. Geol. Mex. Num. 20. Mexiko 1905.

E. Böse. Geología de los Alrededores de Orizaba. Bol. Inst. Geol. de Mex. 1899, Nr. 16.

Dumble. Notes on the Geology of Sonora, Mexico. Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXIX. New York 1899.

E. T. Dumble. Some events in the Eozan History of the present Coastal area of the Gulf of Mexico in Texas and Mexico. Journ. Geol. Vol. 23, 1915, S. 481—498.

S. F. Emmons y G. P. Merrill. Geological Sketch of Lower California. Bull. G. S. Am. Vol. V, 1894.

W. Freudenberg. Geologie von Mexiko. Berlin 1921. Geb. Bornträger. 1 Tafel, 29 Textfiguren, enthält zahlreiche Hinweise der neueren Literatur.

I. Friedländer und R. A. Sonder. Über das Vulkangebiet von San Martin, Tuxtla in Mexiko. Z. f. V. VII, 1923/24, S. 162.

I. Friedländer. Vulkanische Ereignisse in Mexiko nach Zeitungsnachrichten. Z. f. V. VI, 1921/22, S. 80.

T. Flores. Le Xinantecatle ou Volcan Nevado de Toluca. Guide Géologique du Mexique. X. Congrès Intern. 1906, IX.

V. R. Garfias. The Effekt of Igneous Intrusions on the Accumulation of Oil in Northeastern Mexico. Journ. Geol. XX, 1912, S. 666—672; ref. Z. f. V. V, 1819/20, S. 104.

A. Heim. Vulkane in der Umgebung der Oase La Purissima auf der Halbinsel Niederkalifornien. Z. f. V. VI, 1921/22, Taf. I—IV, 7 Textf., S. 15—21.

M. Iglesias, M. Barcenay J. Y. Maute. Informe sobre los temblores de Jalisco y la erupción del Volcan „Ceboruco“ presentatado al Ministerio de Fomento. Anal del Min. de Fom. Tomo I, Mexico 1877, S. 115.

W. Lindgren. Notes on the Geology of Baja California. Proc. Cal. Ac. Sc. Vol. I, 2d. Sers. 1888.

G. P. Merrill. Notes on the Geology and National History of Lower California. An. Rep. U. S. Nat. Mus. 1895.

C. Sapper. Über die räumliche Anordnung der mexikanischen Vulkane. Zeitschrift d. D. Geol. Ges. 1893, S. 574—577, 1 Karte.

W. Staub und C. Lagler. Über eine erloschene vulkanische Tätigkeit in der Golfregion des nordöstlichen Mexiko. Z. f. V. IV, 1921/22, Übersichtskärtchen, 4 Bilder, Tafel XVI—XVIII, S. 103—113.

F. K. G. Müllerried und G. Scheuble. Über die Tätigkeit des Popocatepetl (Mexiko) vom Nov. 1923 bis März 1924. Z. f. V. IX, 1925/26, S. 52.

E. Ordoñez. Un Voyage à la Sierra Madre del Sur. Mem. Soc. Alzate Vol. 14, Mexico 1899—1900.

E. Ordoñez. Les Cratères d'Explosion de Vallé de Santiago. X. Congrès Intern. 1906, Guide XIV.

E. Ordoñez. Rhyolitas de Mexico. Bol. Inst. Geol. Mex. Nr. 14—15, 1900/01.

E. Ordoñez. Le Jorullo. Guide Géologique du Mexique. X. Congrès Intern. 1906, XI.



- A. Villafañã. El Volcan Jorullo. Parerg. Inst. Geol. de Mexico II, 1907, Nr. 3, S. 73—130.
- P. Waitz. Les Geysers d'Ixtlan. Guide Geol. de Mexico. X. Congrès Intern. 1906, XII.
- P. Waitz. Le Volcan de Colima. Guide Geol. de Mexico. X. Congrès Intern. 1906, XIII.
- P. Waitz. Der gegenwärtige Stand der mexikanischen Vulkane und die letzte Eruption des Vulkans von Colima. Z. f. V. I, 1914/15, S. 257.
- P. Waitz. Absteigende Eruptionswolken bei den Ausbrüchen des Jorullo (1759) und des Ceboruco (1870) in Mexiko. Z. f. V. II, 76.
- P. Waitz. Popocatepetl again in activity. Am. Journ. Sc. Vol. L, 1921.
- E. Wittich. Über Lavahöhlen im Pedregal von San Angel bei Mexiko. N. Jahrbuch f. Min. 1916, I, S. 126—133.
- E. Wittich. Neue Aufschlüsse im Lavafeld von Coyoacán bei Mexiko. N. Jahrb. f. Min. 1910, I, S. 131.
-



## VII. Kapitel.

### Die Vulkane Nordamerikas.

#### 1. Geologisch-tektonischer Überblick.

Der breite Streifen zwischen dem Pazifischen Ozean und der alten Masse Laurentia, welche zum größten Teil den Untergrund des östlichen Nordamerikas ausmacht, hat seine heutige tektonische Gestaltung seit dem Ende der Juraperiode begonnen. Um den Rahmen zu gewinnen, in den der nordamerikanische Vulkanismus einzuordnen ist, hat daher die Betrachtung von der am Ende der Juraperiode, an der Grenze gegen die Comanchean-formation = untere Kreide, einsetzenden Orogenese ihren Ausgang zu nehmen. Die Vorgeschichte kann unerörtert bleiben. Diese postjurassische Orogenese wird die „Pazifik-Revolution“ oder Nevadafaltung genannt und hat ein randliches Gebirgssystem geschaffen, das zusammenfassend als Pazifik-Mountain-System bezeichnet werden soll; die Sierra Nevada, das Kaskadengebirge und das Hohe Alaskagebirge sind seine wichtigsten Glieder. Zugleich mit dieser Orogenese intrudierten lichte Tiefengesteine, der kolumbische Granodiorit, diese Gebirgszüge auf viele Breitengrade begleitend. Auch diese Orogenese ist mehrphasig. Eine zweite Phase, die „Central Cordilleran Disturbance“ in der mittleren Kreide, vollendet die Gebirgsbildung.

Die nächste Orogenese fand auf der Grenze Kreide—Eozän statt. Sie schuf das zweite große submeridionale Faltengebirge, die Rocky-Mountains. Man nennt sie die „Laramie-Revolution“. Sie hat sich auch in zwei Phasen abgespielt. Die erste Hauptphase setzte auf der Grenze Kreide—Eozän ein, die zweite Nachphase im Eozän nach Ablagerung der zum Paleozän zu rechnenden Fort Union Beds.

Die letzte umfassende Orogenese, die Kaskadenfaltung, trat im späten Mittelmiozän ein, sie hat vor allem die jüngsten Randketten der pazifischen Küste geschaffen und das ganze Gebiet mehr oder weniger nachhaltig deformiert. Mit dieser Orogenese sind wieder jüngere granodioritische Magmen zur Intrusion gekommen, z. B. am Snoqualmi-Paß an der Eisenbahnlinie nach Seattle. Zeitlich fällt diese Orogenese etwa zusammen mit der ersten Phase der Andenfaltung.

Die nächste orogenetische Phase ist auf die Grenze Pliozän gegen Pleistozän zu setzen. Sie entspricht der zweiten Bewegungsphase der Anden



und hat in Zentralamerika das zentralamerikanische Gebirge geschaffen. Weitere orogenetische Abschnitte sind im mittleren Quartär festzustellen, ja, in einzelnen Gegenden sind sogar ganz jugendliche postglaziale Bewegungen größten Ausmaßes zu erkennen, wie z. B. im Eliasgebirge, wo der gesamte paläozoische Hauptzug auf Flysch ähnliches Tertiär und Quartär von NO aus hinaufgeschoben ist. Diese tektonischen Bewegungen sind bis in die Gegenwart noch nicht zum Abschluß gekommen. Es mag leicht sein, daß die fortschreitende Erforschung noch weitere orogenetische Teilphasen entdecken wird.

#### a) Das Pazifik-Mountain-System.

Das Ergebnis der Pazifik-Revolution an der Grenze Jura—Kreide ist eine Faltung der Schichten von Oberkarbon bis einschließlich Jura, begleitet von einer gleichzeitigen Intrusion der Granodiorite, die Faltungsrichtung geht gegen W, also gegen den Ozean. Neokom liegt transgredierend über diesem Rumpf. Die Sierra Nevada beginnt etwa in 35° N.Br. am El Paso Peak. Sie steigt schnell zu ansehnlichen Höhen, Mt. Withney, 4419 m, gegen Norden verlieren die Gipfel an Höhe. Granodiorite setzen den Kern des Gebirges zusammen. Klamath- und Kaskadengebirge sind die Fortsetzungen gegen Norden bis zur kanadischen Grenze. Jenseits der Grenze bildet die kanadische Coast Range, die sich ganz aus Granodioriten aufbaut, das Gebirge. Die Granodiorite beginnen bereits im Gebiet der Union, z. B. Mt. Stuart, 2900 m. Der Hauptstamm trägt den Namen Hozomeengebirge, die östliche Nebenkette „Oganagengebirge“, weiter „Skagitgebirge“.

Auf der Westseite des Kaskadengebirges sitzen die großen Kaskadenvulkane vom Lassen Peak bis zum Mt. Baker auf.

Der columbische Granodiorit, der als kanadische Coast Range bis über den 60. Breitengrad die Fortsetzung des Gebirges bildet, schwillt zu einem 100—120 km breiten Tiefengesteinsstreifen an, im Westen sind der Alexanderarchipel und die Admiralitätsinseln die Grenze, an der im NO das Oberkarbon unter den Granodiorit untertaucht. Diese Inseln bestehen aus gefalteten paläozoischen Schichten, Neokom liegt diskordant darüber oder ist mit eingefaltet. Überschiebungen sind gegen SW gerichtet.

Die weitere Fortsetzung ist das Nutzotingebirge, das weiter in das hohe Alaskagebirge einschwenkt, mit sehr ansehnlichen Gipfelhöhen, Mt. Kimball, 3050 m, Mt. Haye, 4300 m, Mt. Mc. Kinlay, 6180 m, der höchste Berg Nordamerikas, endlich Mt. Forsaker, 5180 m. In diesen Gipfeln findet sich zum Teil der lichte Granodiorit wieder. Wie das Kaskadengebirge trägt auch das Alaskagebirge hohe Vulkankegel. Durch die Halbinsel Alaska verläuft der Gebirgsbogen in die vulkangekrönten Aleuten ein.



## b) Die Rocky-Mountains.

Das große Faltengebirge auf der Westseite von Laurentia ist durch die Laramie-Revolution, an der Grenze obere Kreide—Eozän, geschaffen worden.

An der Faltung beteiligen sich alte Gneise, paläozoische Schichten, mesozoische Schichten bis einschließlich Kreide. Im Gegensatz zu dem pazifischen Gebirge ist die Faltungs- und Überschiebungsrichtung gegen Osten, also gegen Laurentia, gerichtet.

Zum Rocky-Mountains-Stamm gehört die mexikanische Sierra Madre Occidental, die vom Isthmus von Tehuantepec ihren Ausgang nimmt und durch Veracruz, Taumalipas, Nueva Leon, Coahuila bis zum Rio Grande zu verfolgen ist. Weiter nach Norden geht der Charakter eines geschlossenen Faltengebirges verloren; vereinzelt Züge nach Art der Basin Range, wie San Andres Range, Sa. Oscura u. a. verraten die Spuren. Erst vom 36. Grad nimmt das Gebirge wieder eine geschlossene Gestalt an.

In sich wiederholenden Wellen stauen sich die Faltenzüge am starren Coloradoplateau. Die erste Welle: Sangre de Christo, Sanguatch Mts., Elk Mts., Uintagebirge umfassen das Plateau. Eine zweite Welle bilden Park Range, South Park und Wet Mts., eine dritte Front Range, Medicine Bow Range und Windriver Range. Die vierte Welle sind die Laramie Mts., die einen gegen O konvexen Bogen bilden. Diese Bogenform wiederholt sich in den Bighorn Mts. Die Owl Mts. im Süden schließen eine Ringfalte. Viel weiter im Osten sind die Black Hills in Süddakota, eine vorgeschobene äußerste Falte mit eozänen Porphyrlakkolithen.

Nun folgt der Yellowstone-Park, ein Gebiet des Einbruchs. Schon der große Teton bricht jäh zum Jacksonsee ab. Während im Columbia-lavaplateau in erster Linie gewaltige Basaltfluten sich ergossen haben, sind es im Yellowstone-Park mehr saure Laven. Das Gebiet nördlich vom Park ist in einzelne Horstpartien aufgelöst. Jugendliche lakkolithische Intrusionen und tief erodierte Vulkanruinen sind in diesem Abschnitt charakteristisch, so Castle Mts., Highwood Mts., 44° 30' N. Br., 110° 30', Crazy Mts., 46° N. Br., 110° 15' Länge; Judith Mts., 47° 3' bis 47° 18' Breite und 108° 57' bis 109° 25' Länge, und Sweetgrass Hills an der kanadischen Grenze. Galatin Range, Big Belt Range, ferner im Osten Bear Tooth Mts., Snow Mt., Little Belt Mts. zeigen den Verlauf des Gebirges.

Gegen die kanadische Grenze werden die Rocky-Mountains wieder geschlossen. Die Livingstone Range ist der Hauptstamm, in diesem



Abschnitt trifft man auf gegen O gerichtete Überschiebungen gewaltigen Ausmaßes, Kambrium über mittlerer Kreide am Mt. Chief.

Gegen Westen grenzt das eigentliche Rocky-Mountains-System eine gradlinige Furche, der „Rocky-Mountains-Trench“, ab, ihr folgen auf große Strecken der Kootenay, Kolumbia, Canoe River und der obere Fraser, Finlay und Liard bis etwa 54° N. Br.

Von da ab streben die Äste auseinander. Ein östlicher Zweig läßt sich in Spuren gegen Helle-Gate, Fort Liard zum Mackenzie verfolgen. Bis zu den San-Sault-Schnellen begleitet er den Strom, wendet sich dann gegen den Wind River und Fort Mc. Pherson und schwenkt in das Endicott- oder Rumanzoffgebirge ein, das die Wasserscheide gegen das Eismeer bildet. Die Gipfelhöhen werden schnell größer, Mt. Goudenough, 1280 m, Greenough, 1500 m. Die Überschiebungsrichtung ist gegen N gegen das Eismeer gerichtet. Das Gebirge streicht im Kap Lisburne in das Meer aus. Die weitere Verbindung zieht Sueß gegen die Neusibirischen Inseln.

Der westliche Ast ist das Cassiargebirge mit der nördlichen Fortsetzung des Pellygebirges und der Klondyke-Region. Er wird als Yukongeantiklinale bezeichnet. In der Chugatscharung tritt er mit dem Alaskagebirge in enge Berührung, um dann dem Tanana und Yukon zu folgen, im Kap Nevenham erreicht er das Meer.

#### c) Die Zwischengebirge, Basin Ranges und Interior-plateaus.

Zwischen diesen beiden großen Gebirgen liegt ein sehr verschieden breiter Streifen mehr oder weniger starrer Schollen, der von beiden, in ihrer Bewegungsrichtung entgegengesetzten, Orogenesen mit berührt wird, zur Faltung wenig oder gar nicht fähig, reagierte er mit Bruch und Zerstücklung in Horste und Gräben. Der Typus des starren Hochplateaus, das durch Verwerfung zerlegt oder in monoklinen Flexuren deformiert ist, ist das Coloradoplateau, während in dem Hochland der Basin Range Faltungen zu submeridionalen Ketten nicht ganz fehlen. Sie sind nicht so hoch als die Hauptzüge, klingen schnell aus und sammeln sich nicht zu Hauptketten. Die Täler sind häufig abflußlose, wannenartige Vertiefungen, sog. „Bolsone“, in denen sich der Verwitterungsschutt ansammeln kann.

In den Faltungen macht sich im Westen vorherrschend der Einfluß der Pazifik-Revolution, im Osten dagegen mehr der der Laramie-Revolution geltend. Eine scharfe Grenze zwischen beiden Systemen besteht nicht. Die Zwischenregion ist zwar eine morphologische Einheit, aber keine tektonische. Entscheidend für die Zurechnung zum einen oder anderen Stamm muß das Alter der Faltung sein. Ein großer Teil der Deformationen in diesem Gebiet ist außerdem sehr viel jüngeren Alters und auf Rechnung der tertiären und quartären Störungen zu setzen.



Im Süden beginnt die Zwischenregion mit der sog. mexikanischen Mesa, ein Hochland vom Charakter der Basin Ranges zwischen der Sierra Madre Oriental, einem Teilstück des Rocky-Mountains-Stammes, und dem kalifornischen Golf. Ihre randliche Sierra Madre Occidental ist noch unverkennbar von der „Pazifik-Revolution“ beeinflusst.

In Südamerika war die Puna ein Hochland, das den gleichen Charakter trägt. Gegen Norden folgt das Coloradoplateau, ein zerbrochenes Tafelland, mit jüngeren lakkolithischen Intrusionen, wie den berühmten Henry Mts. und dem Iron-Spring-Lakkolith. Der tertiäre Vulkanismus klingt in gut erhaltenen Kegeln und Strömen aus, wie die San-Francisco-Vulkane, Coone Butte, Mt. Taylor usw. erweisen.

Die weite Region der Basin Ranges umfaßt Nevada, Utha, ferner die südlichen Teile von Oregon und Idaho. Sie ist ein Hochland von 1200—2000 m Plateauhöhe mit N—S streichenden Höhenzügen. Alle Formationen vom Archaikum bis zur Gegenwart beteiligen sich an ihrem Aufbau. Besonders groß ist der Anteil tertiärer Laven, die weiter im Norden schließlich das ganze Landschaftsbild beherrschen. Erwähnt mögen die jugendlichen Kegel auf dem Boden des quartären Lake Boneville werden, der heute zum großen Salzsee in Utah eingetrocknet ist.

Das große Columbialavaplateau ist der unter Lavafluten begrabene nördliche Teil der Basin Range, es umfaßt die Flußsysteme des Columbia und Snake River. Über die hügelige Eozänlandschaft ergossen sich gewaltige Lineareruptionen. Die ältere Serie, Basalte, Andesite und Rhyolithe, ist im Mitteleozän vorwiegend ergossen worden. Durch die miozäne Orogenese angeregt, kommt es im oberen Miozän zur Wiederholung der Lavaüberflutung. Es fließen mehr basische Olivinbasalte aus. Die miozänen Basaltdecken schwellen bis zu 1000 m Mächtigkeit an. Das ist die jüngere Serie. Die Lavaüberflutungen wiederholen sich noch einmal im Quartär. Wohlerhaltene Stromoberflächen und Aschenkegel zeugen davon, daß der Vulkanismus erst ganz kürzlich zur Ruhe gekommen ist. In den Blue Mts. taucht der gefaltete Untergrund hervor. Im Osten dieser Berge, vom Lolo-paß, in den Bitterrootbergen bis zu den Owyhee-Bergen, SW von Boise und gegen Osten bis Hailey, ca. 114° W. L., herrscht wieder der Granodiorit auf vier Breitengraden.

Jenseits der kanadischen Grenze gehören Gold Range, Selkirk Mts. und Purzell Range zu den Zwischengebirgen des Rocky-Mountains-Stammes. Das Gebiet bis zum Granodiorit trägt den Charakter des Lavaplateaus. Über oligozänen Süßwasserablagerungen liegt die untere vulkanische Tafel, dann folgen miozäne Süßwasserablagerungen und darüber die obere vulkanische Tafel. Mit der Annäherung an die Scharung von Chugatsch wird die Zwischenregion immer schmaler. Alaska, nördlich vom Alaskagebirge, trägt den Charakter der Basin Ranges. Die Yukonsflats, im Süden des Endlicotts-



gebirges, sind ein alter Seeboden. Die Sewardhalbinsel, auf asiatischer Seite, entspricht ihr. Die Tschushalbinsel ist ein alter Horst aus gefalteten paläozoischen und älteren Gesteinen.

#### d) Die Depressionen auf der Westseite des Pazifik-Mountains-Systems.

Eine Reihe von Depressionen, mehr oder weniger ausgedehnt, begleitet die pazifische Küste Nordamerikas. Der Zug der Depressionen beginnt mit dem niederkalifornischen Golf. Seine Fortsetzung ist ein Grabenbruch, der eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Toten Meer besitzt, der Graben des Death Valley, 190 km lang und 8—11 km breit. Sein Boden sinkt 123 m unter den Meeresspiegel. Es folgt auf viele Breitengrade das große kalifornische Längstal oder Sacramento, ein Seitenstück zum chilenischen Längstal auf dem südamerikanischen Kontinent. Mit dem Einbruch des Puget Trough ist die kanadische Grenze erreicht. Von der Georgiastraße zwischen Vancouver und dem Festlande bis zum Lynnekanal, fast bis zum 60° N. Br., sind die Depressionen zu verfolgen. Innerhalb der Scharung von Chugatch ist das Kupferriverplateau als streichender Graben eingebrochen. Am Ostende dieses Grabens haben die Wrangellvulkane ihre hohen Bauten aufgerichtet. Weiter folgt der Zug der Depression hinter der Scharung auch dem veränderten Streichen und führt durch Cook Inlet in die Shelikoffstraße.

#### e) Die jungen Küstenketten.

Die jüngsten äußeren pazifischen Ketten sind durch die miozäne Orogenese angelegt, die pliozäne und pleistozäne Orogenese haben weiter an ihrer Ausgestaltung gearbeitet, ja die tektonischen Bewegungen sind heute noch nicht zum Abschluß gekommen. An dem Aufbau dieser jüngsten nordamerikanischen Gebirge beteiligen sich Kreide- und Tertiärschichten, mäßig gefaltet mit tertiären und jüngeren Andesiten und Basaltdecken. Die Halbinsel Niederkalifornien und die kalifornischen Coast Range zeigen diesen Bau. Die Küste schneidet die Züge der Coast Range schräg ab, so daß immer neue Kulissen an die Küste herantreten.

Nahe der kanadischen Grenze scheint die bewaldete Olympic Range die Fortsetzung der Insel Vancouver zu sein. Doch ist die innere Struktur dieser Kulisse noch zu unbekannt, um ein sicheres Urteil möglich zu machen. Vielleicht gehört diese Region noch zum Zwischengebirge.

Ein sehr jugendliches Gebirge, das Eliasgebirge, beginnt mit der Insel Baranof, Chicagoinsel, setzt über den Cross-Sund und gewinnt schnell an Gipfelhöhe: Mt. Crillon, 3688 m, Fairweather, 4700 m,



Mt. Logan, 5855 m, Mt. Elias, 5514 m. Gefaltet sind die Orcaserie, Flysch, die Katallaformation (Eozän), die flözführende Keniastufe, marines Miozän. Der gesamte paläozoische Hauptzug ist hier über Flysch ähnliches Tertiär und sogar über Quartär geschoben worden, ein Beweis für das außerordentlich jugendliche Alter der tektonischen Bewegungen, die auch heute noch nicht zum Abschluß gekommen sind. Auf der Kruzofinsel, nahe Sitka, erhebt sich als vorgeschobener Posten der Vulkan Edgacumbe. Das Eliasgebirge tritt mit den Chugatch Mts. in die Scharung ein und verläuft weiter über Kenia nach Kodiak.

Das sind in großen Zügen die tektonischen Zusammenhänge. Ein weiteres Eingehen auf Einzelheiten geht über die gestellte Aufgabe hinaus, es sei auf die zusammenfassenden Darstellungen in E. Blackwelder, im Handbuch der Regionalen Geologie VIII, 2, Heidelberg 1912 und E. Sueß, Antlitz der Erde III, 2, verwiesen.

#### f) Die columbischen Granodiorite.

Die Pazifik-Revolution hat in einem über 30 Breitengrade sich erstreckenden Streifen Tiefengesteine heraufgebracht, die man zusammenfassend als Granodiorite zu bezeichnen pflegt. Sie stellen einen Gesteinstypus dar, der auf weite Entfernungen seine Merkmale konstant beibehält. Es sind granitartige Tiefengesteine mit körniger Struktur und lichter grauer Gesamtfarbe, die durch ihren herrschenden Plagioklasgehalt  $Ab_7An_8$  bis  $Ab_2An_1$ , ferner durch Orthoklas, Mikroklin, Quarz, Hornblende, Pyroxen, Biotit gekennzeichnet sind. Die Entwicklungsreihe führt vom Granit—Quarzdiorit—Diorit—Gabbro—Pyroxenit—Dunit bzw. Peridotit. Gelegentlich entwickeln sich auch monzonitische Gesteine.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Daten einer großen Zahl columbischer Granodiorite nach der Quarzzahl geordnet:

In der folgenden Tabelle seien die entsprechenden Granodiorite der Sierra Nevada und des Kaskadengebirges gegenübergestellt. Sie zeigen vollkommen das gleiche Bild.

Das Alter dieser granodioritischen Tiefengesteine ist untere, mittlere Kreide und Eozän. Doch kennt man auch obermiozäne granodioritische Intrusionen. Die Snoqualmi-Granodiorite in Washington z. B. sind nach Warren Smith in die miozäne Keechelus-Serie intrudiert. Seine Zusammensetzung ist:

| Nr. 13, S. 648                     | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |                        |
|------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|------------------------|
| Gold Creek,<br>Snoqualmi<br>Quadr. | 66,12 | 17,46 | 16,42 | 4,96 | 6,61 | 0,99             | 4,89 | 0,73 | 2,22 | 1,72 | Typus<br>Elektric Peak |



Die Columbischen  
L

S. 650—655

|                  |        |                                   |       |
|------------------|--------|-----------------------------------|-------|
| Granit           | III 9  | Moyie Sill, Purcell Mts.          | 43,44 |
| Granit           | III 8  | Moyie Sill, Purcell Mts.          | 44,16 |
| Adamellit        | I 8    | Remmellakkolith, Okanagan Mts.    | 58,19 |
| Adamellit        | II 1   | Collins Gulch, Tulameen Distrikt  | 57,88 |
| Adamellit        | I 2    | Sumas Mt., Skagit Range           | 57,14 |
| Tonalit          | I 3    | Silver Creek, Skagit Range        | 62,44 |
| Trondhjemit      | II 2   | Otter Lake, Tulameen Distrikt     | 64,60 |
| Tonalit          | I 11   | Osoyoos Batholith                 | 62,40 |
| Adamellit        | III 5  | Taku Arm, Atlin Distrikt          | 62,48 |
| Granit           | III 6  | Ryckert Batholith, Nelson Range   | 67,94 |
| Granit           | I 9    | Bauermann Ridge, Okanagan         | 70,77 |
| Banatit          | I 10   | Similkameen Lakkolith, Okanagan   | 67,48 |
| Tonalit          | I 12   | Remmellakkolith, Okanagan Mts.    | 69,00 |
| Tonalit          | I 1    | Mt. Frosty, Hozumeengebirge       | 66,76 |
| Granodiorit      | II 3   | Siwash, Creek, Tulameen Co.       | 70,92 |
| Granodiorit      | III 2  | Trail, H. Kootanay                | 66,08 |
| Windsorit        | III 1  | Kokanee Mts., H. Kootanay         | 73,24 |
| Granodiorit      | III 7  | Bayonne Batholith, Nelson Range   | 66,24 |
| Quarzdiorit      | I 4    | Chilliwalk, Skagit Range          | 64,32 |
| Quarzdiorit      | II 9   | Stemwinder Hill, Heddley Distrikt | 66,92 |
| Diorit           | III 10 | Moyie Sill, Purcell Mts.          | 55,31 |
| Granodiorit      | II 10  | Heddley Distrikt                  | 76,84 |
| Diorit           | I 5    | Slesse Mts., Skagit Range         | 64,76 |
| Diorit           | III 11 | Moyie Sill, Purcell Range         | 43,04 |
| Hornblendegabbro | III 12 | Moyie Sill, Purcell Range         | 42,36 |
| Gabbro           | II 4   | Olivin Ridge, Tulameen Distrikt   | 66,40 |
| Diorit           | II 11  | Heddley Distrikt                  | 61,52 |
| Monzonit         | I 13   | Similkameen Lakkolith, Okanagan   | 78,12 |
| Gabbro           | III 4  | Bootley Bassin, O Kootanay        | 45,20 |
| Gabbro           | I 14   | Ashnola River, Okanagangeb.       | 65,52 |
| Gabbro           | I 6    | Lilloet, Fraser River             | 66,60 |
| Monzonit         | III 3  | Coryell Batholith, W Kootanay     | 66,28 |
| Pyroxenit        | II 5   | Olivin Mts., Tulameen Distrikt    | 21,00 |
| Dunit            | II 8   | Eagle Creek und Tulameen River    | 5,08  |
| Dunit            | II 7   | Yale Distrikt, Tulameen River     | 0,84  |
| Peridotit        | II 6   | Olivin Mts., Tulameen River       | 2,99  |



## Granodiorite.

| M      | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt    |
|--------|--------|------|------|------------------|-------|-------|------|-------|
| 12,10  | 44,46  | 4,08 | 2,70 | 2,04             | 0,66  | 0,26  | 4,80 | 0,66  |
| 11,96  | 43,88  | 4,27 | 1,91 | 1,64             | 2,10  | -2,36 | 3,55 | 0,66  |
| 8,20   | 38,61  | 5,32 | 3,46 | 3,92             | 0,60  | 0,01  | 0,80 | 0,40  |
| 4,88   | 37,24  | 6,25 | 1,97 | 2,17             | 0,92  | 0,40  | 0,53 | 1,18  |
| 5,80   | 37,06  | 5,40 | 3,42 | 2,83             | 1,78  | -0,26 | 0,40 | 1,44  |
| 6,02   | 31,54  | 6,40 | 2,81 | 2,09             | 1,83  | 0,13  | 0,53 | 1,04  |
| 4,46   | 30,94  | 7,14 | 1,77 | 2,42             | 0,98  | -0,40 | 0,99 | 0,52  |
| 8,50   | 29,10  | 5,44 | 4,72 | 1,77             | 2,42  | 0,06  | 1,31 | 0,92  |
| 8,60   | 28,92  | 6,55 | 2,52 | 2,78             | 1,32  | 1,52  | 0,33 | 2,26  |
| 4,48   | 27,58  | 7,30 | 2,24 | 3,62             | 0,79  | -0,58 | 1,32 | 0,26  |
| 3,70   | 25,53  | 7,98 | 1,65 | 3,43             | 0,53  | -0,33 | 1,19 | 0,26  |
| 8,70   | 23,82  | 6,35 | 4,17 | 1,98             | 2,18  | 0,39  | 0,92 | 1,72  |
| 11,06  | 19,94  | 5,73 | 5,79 | 0,80             | 2,06  | 0,14  | 2,66 | 1,34  |
| 13,84  | 19,40  | 6,59 | 3,51 | 1,96             | 3,52  | 0,60  | 2,73 | 0,14  |
| 9,86   | 19,22  | 6,60 | 4,53 | 1,07             | 2,13  | 0,60  | 1,53 | 1,34  |
| 17,32  | 16,60  | 5,75 | 5,02 | 2,31             | 4,03  | 1,13  | 2,84 | 1,32  |
| 12,04  | 14,72  | 8,40 | 1,51 | 3,24             | 1,85  | 2,52  | 0,92 | 1,46  |
| 19,08  | 14,68  | 5,43 | 5,70 | 2,32             | 4,04  | 1,99  | 2,52 | 1,98  |
| 21,32  | 14,36  | 5,03 | 6,02 | 1,24             | 6,02  | 1,11  | 2,75 | 1,56  |
| 21,52  | 11,56  | 4,78 | 7,17 | 1,39             | 4,32  | 1,40  | 4,84 | 0,40  |
| 35,22  | 9,47   | 3,16 | 7,39 | 1,61             | 7,26  | -0,47 | 9,14 | 2,42  |
| 14,28  | 8,88   | 7,55 | 4,11 | 2,12             | 2,91  | 1,25  | 2,52 | 0,92  |
| 26,38  | 8,86   | 4,52 | 7,15 | 1,11             | 7,15  | 0,46  | 5,06 | 1,04  |
| 48,20  | 8,76   | 1,79 | 7,18 | 0,32             | 11,22 | 5,32  | 6,73 | 1,16  |
| 50,88  | 6,76   | 1,79 | 7,01 | 0,32             | 13,13 | 6,06  | 5,04 | 2,42  |
| 33,06  | 0,54   | 4,56 | 7,48 | 0,75             | 7,82  | 4,76  | 1,43 | 5,04  |
| 38,90  | -0,42  | 2,84 | 9,70 | 0,19             | 7,37  | 8,79  | 7,42 | —     |
| 22,66  | -0,78  | 7,19 | 5,15 | 2,17             | 4,68  | 3,73  | 0,95 | 3,94  |
| 56,44  | -1,64  | 3,02 | 5,26 | 0,49             | 13,40 | 7,40  | 6,56 | 1,72  |
| 38,54  | -4,06  | 4,21 | 7,96 | 0,33             | 6,96  | 3,28  | 8,09 | 1,88  |
| 38,70  | -5,30  | 4,62 | 7,41 | 0,59             | 9,98  | 2,37  | 6,41 | 1,18  |
| 40,16  | -6,44  | 6,67 | 3,23 | 2,71             | 9,64  | 5,35  | 3,84 | 2,50  |
| 87,06  | -8,06  | 0,64 | 3,97 | 0,19             | 19,95 | 15,20 | 2,92 | 10,92 |
| 108,52 | -13,60 | 0,17 | 0,93 | 0,00             | 44,77 | 5,84  | 2,96 | 1,38  |
| 129,70 | -30,54 | 0,05 | 0,11 | 0,00             | 59,58 | 0,21  | 3,95 | 2,22  |
| 128,02 | -31,01 | 0,30 | 0,00 | 0,00             | 62,09 | -0,59 | 1,12 | 2,72  |



## Sierra Nevada und Kaskaden-Granodiorite

S. 630, 632, 634, 636, 640, 648

|                      |       | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|
| Granit               | IV 4  | 50,18 | 0,59  | 49,23 | 5,70 | 0,20 | 1,99             | 0,13  | -3,78 | 0,06 | 0,27 |
| Granit (Trondhjemit) | VI 23 | 49,16 | 6,40  | 44,44 | 4,58 | 3,13 | 0,20             | 0,06  | 1,77  | 0,17 | 0,40 |
| Granit (Trondhjemit) | VI 24 | 50,92 | 11,22 | 37,86 | 4,33 | 4,07 | 0,32             | 2,32  | 0,26  | 2,64 | 0,78 |
| Granit (Trondhjemit) | II 8  | 60,73 | 3,38  | 35,89 | 5,98 | 2,80 | 1,30             | 0,78  | -1,69 | 0,91 | —    |
| Tonalit              | IV 7  | 64,16 | 9,06  | 26,78 | 5,78 | 4,48 | 1,77             | 2,70  | 0,32  | 0,72 | 1,58 |
| Tonalit              | III 1 | 66,46 | 6,96  | 26,58 | 5,44 | 3,62 | 1,31             | 2,10  | -0,46 | 0,98 | 0,78 |
| Granit (Quarzmonz.)  | I 2   | 62,56 | 11,00 | 26,44 | 6,83 | 3,98 | 3,51             | 2,32  | 0,86  | 1,66 | 1,32 |
| Tonalit              | II 7  | 65,82 | 8,72  | 25,96 | 6,28 | 3,77 | 2,58             | 1,85  | 0,46  | 1,32 | 1,46 |
| Granit (Quarzmonz.)  | I 1   | 69,36 | 5,04  | 25,60 | 7,31 | 2,72 | 3,19             | 1,06  | 0,27  | 0,66 | 1,06 |
| Quarzmonzonit        | I 4   | 65,20 | 10,32 | 24,48 | 6,47 | 3,36 | 3,17             | 2,71  | 0,86  | 0,47 | 2,24 |
| Tonalit              | II 13 | 64,86 | 10,16 | 24,98 | 5,47 | 5,21 | 1,89             | 2,86  | -0,26 | 1,64 | 1,16 |
| Tonalit              | III 2 | 69,15 | 7,50  | 23,35 | 6,04 | 5,19 | 1,18             | 2,10  | -0,07 | 1,26 | 0,78 |
| Tonalit              | I 3   | 69,04 | 9,04  | 21,92 | 6,84 | 3,58 | 2,46             | 1,86  | 0,87  | 1,06 | 1,46 |
| Granodiorit, Tonalit | II 14 | 64,20 | 14,38 | 21,42 | 5,73 | 4,59 | 2,20             | 3,46  | 0,20  | 1,86 | 1,60 |
| Tonalit              | III 7 | 57,52 | 21,24 | 21,24 | 5,21 | 3,96 | 1,52             | 3,89  | 2,57  | 3,50 | 1,32 |
| Banait               | II 9  | 64,60 | 14,38 | 21,02 | 5,64 | 4,87 | 1,36             | 4,09  | 0,77  | 1,75 | 1,16 |
| Banait               | X 8   | 63,52 | 16,00 | 20,48 | 5,49 | 4,82 | 1,39             | 5,42  | -0,32 | 2,12 | 0,92 |
| Banait               | X 9   | 62,72 | 18,16 | 19,12 | 5,68 | 4,32 | 1,50             | 5,29  | 0,91  | 2,36 | 1,04 |
| Quarzdiorit          | I 5   | 64,64 | 16,86 | 18,50 | 4,90 | 6,36 | 1,24             | 5,49  | 0,92  | 2,29 | 1,18 |
| Banait               | X 10  | 63,56 | 18,58 | 17,86 | 5,69 | 4,51 | 1,44             | 5,49  | 0,92  | 2,29 | 1,18 |
| Quarzdiorit          | X 13  | 66,12 | 17,46 | 16,42 | 4,96 | 6,61 | 0,99             | 4,89  | 0,73  | 2,22 | 1,72 |
| Quarzdiorit          | IV 5  | 64,52 | 20,62 | 14,86 | 5,09 | 5,95 | 0,93             | 5,88  | 1,85  | 1,39 | 2,38 |
| Quarzdiorit          | II 10 | 66,16 | 20,40 | 13,44 | 5,36 | 5,82 | 1,59             | 4,43  | 1,86  | 2,98 | 1,86 |
| Quarzdiorit          | I 6   | 63,52 | 24,08 | 12,40 | 4,57 | 6,74 | 1,46             | 6,75  | 0,60  | 4,23 | 0,92 |
| Quarzdiorit          | III 3 | 73,00 | 25,62 | 11,38 | 4,94 | 5,87 | 2,07             | 5,67  | 2,14  | 3,67 | 2,66 |
| Diorit               | X 6   | 73,08 | 15,92 | 11,00 | 4,91 | 8,45 | 0,33             | 3,39  | 0,92  | 3,38 | 0,54 |
| Diorit               | X 7   | 28,04 | 63,22 | 8,74  | 1,99 | 3,03 | 0,60             | 16,93 | 10,03 | 4,23 | 0,84 |
| Banait               | X 5   | 67,20 | 24,16 | 8,64  | 5,91 | 4,98 | 1,53             | 5,44  | 2,39  | 3,32 | 1,86 |



Dieser junge Granodiorit ist ein basischerer Diorit, er entstammt einer größeren Tiefe. Hier liegen anscheinend die gleichen Regeln vor, die Backlund für die südamerikanischen Andengesteine aufgefunden hat.

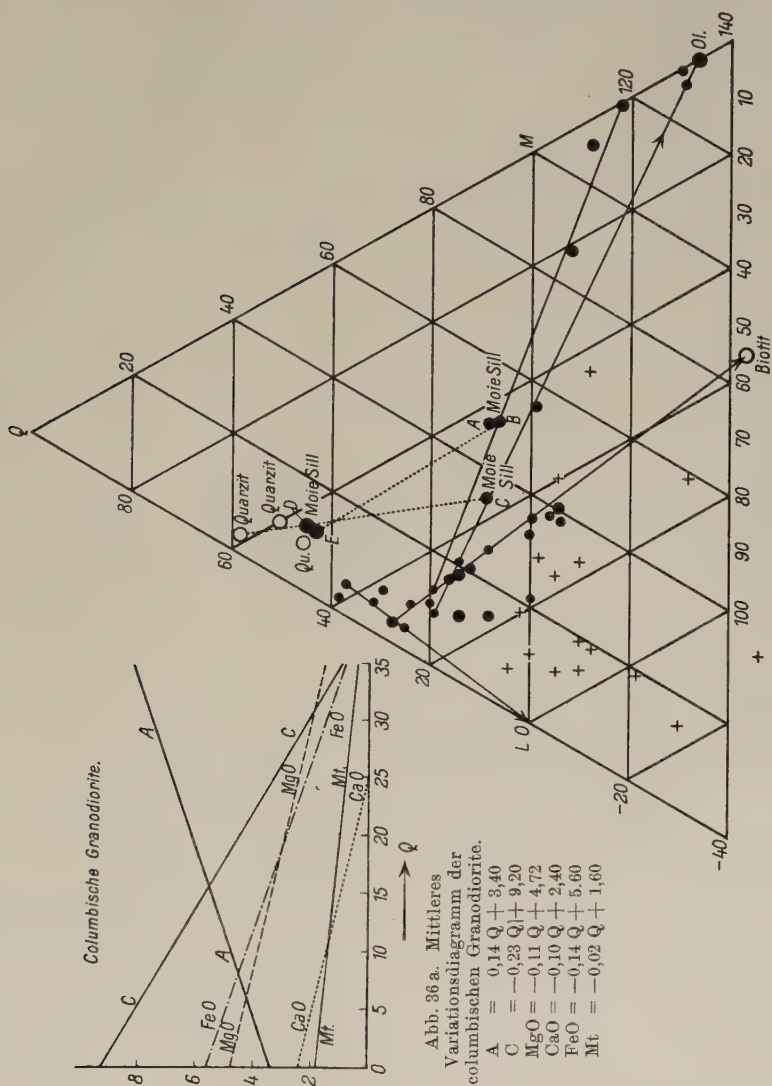


Abb. 36. Columbische Granodiorite.

Daly hat das vom Granit, Diorit und Gabbro bedeckte Areal auf den geologischen Kartenblättern ausgemessen und gefunden, daß die Flächen Granit: Diorit: Gabbro = 20 : 1 : 1 sich verhalten, es herrschen unter den Tiefengesteinsintrusionen die sauren Typen stark vor. Sueß faßt die columbischen Granodiorite als Aufschmelzungsnarbe großen Stiles auf. Der Hauptverfechter der Assimilationstheorie ist Daly, der das Einschmelzen



von fremdem Material in erster Linie für die Mannigfaltigkeit der Gesteinsvariationen verantwortlich macht, ohne jedoch eine in diesem Zusammenhang sich einstellende Differentiation ganz zu leugnen. Im Gegensatz zu ihm steht N. L. Bowen, der auf Grund seiner experimentellen Erfahrungen der Kristallisationsdifferentiation den dominierenden Einfluß zuschreibt und unter Umständen mit einem Auspressen der magmatischen Mutterlaugen rechnet. Das sind Probleme, die an den Grundfragen der Gesteinsentstehung rühren.

Das Hauptargument gegen eine Assimilation als Hauptfaktor stammt von Broegger und van Hise, daß nämlich die chemische Zusammensetzung an der Grenze der Eruptivmasse und der Sedimente weder der Zusammensetzung der Sedimente noch der einer Mischung von Sediment und Magma entspricht. Dagegen ist der Parallelismus zwischen Kristallisationsfolge und Differentiationsfolge nur durch die Kristallisationsdifferentiation zu verstehen. Für den Zerfall eines Magmas in zwei nicht mischbare flüssige Teilmagmen geben weder das Experiment noch irgendwelche metallurgische Prozesse Anhaltspunkte.

Im Projektionsdreieck LMQ gruppieren sich die columbischen Granodioritprojektionsprodukte um die Strahlen zum Feldspatpol, zum Biotitpol ( $L = 57,20$ ,  $M = 85,70$ ,  $Q = -42,90$ ), zum Pyroxen und Olivin oder in einer zwischen diesen letzten beiden Polen liegenden Richtung. Dasselbe Bild wiederholt sich bei allen pazifischen Magmentypen, so wie es bei einer Kristallisationsdifferentiation zu erwarten ist.

Derartige Bedenken führten dazu, die Verdauung der Fremdkörper in tiefere Niveaus zu verlegen. Die Einschmelzung von Fremdkörpern verbraucht jedenfalls sehr viel Wärme und muß das Magma stark abkühlen. Als klassisches Beispiel zum Beweise der Assimilation führt Daly den Moyie Sill in den Purzell Mts., einem Mittelding zwischen Sill und Lakkolith, ins Feld. Dieser Lagergang ist 840 m mächtig und in den altpaläozoischen Kitchenerquarzit injiziert. Der ganze Intrusivkörper vom Hangenden zum Liegenden ist aufgeschlossen und daher zur Entscheidung dieser Probleme hervorragend geeignet.

Zwischen Kitchenerquarzit — der Crestonquarzit ist älter und unterteuft jenen — schiebt sich eine Zone von saurem Granit ein, den Daly als das Ergebnis der Einschmelzung des Quarzits durch den Gabbro auffaßt. Der Granit, Phase E, entstammt 4,5 m von der hangenden Kontaktgrenze, Granit, Phase D, 12 m, dann folgt der Quarzgabbro, Phase C, 60 m von der Grenze. Der Normaltypus ist der Hornblendegabbro, Phase B und endlich der Gabbro, Phase A, ist 9 m entfernt vom Liegendkontakt entnommen.

Die Gesteinskonstanten zeigen, daß der Granit E und D fast der Zusammensetzung des Kitchenerquarzits entspricht. Er ist ein wenig basischer und melanokrater. Gegenüber dem Quarzit haben die C-Werte und der An-



Die nachfolgende Tabelle gibt ihre Gesteinskonstanten:

## Moie Sill, Purcell Range.

S. 654

Dichte L M Q A C MgO CaO FeO Mt

|        |                               |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |
|--------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|
| III 13 | Crestonquarzit                | 2,681 | 37,70 | 4,24  | 58,06 | 4,20 | 0,93 | 0,88  | -0,38 | 1,04 | 0,40 |
| III 14 | Kitchenerquarzit              | 2,680 | 40,60 | 8,76  | 50,64 | 4,35 | 1,01 | 1,62  | -1,76 | 2,47 | 0,58 |
| III 15 | Kitchenerquarzit,<br>Kontakt  | 2,754 | 45,78 | 8,26  | 45,96 | 4,77 | 1,31 | 1,65  | -2,38 | 2,13 | 0,70 |
| III 8  | Granit E                      | 2,773 | 44,16 | 11,96 | 43,88 | 4,27 | 1,91 | 2,10  | -2,36 | 3,55 | 0,66 |
| III 9  | Granit D                      | 2,784 | 43,44 | 12,10 | 44,46 | 4,08 | 2,70 | 0,66  | 0,26  | 4,80 | 0,66 |
| III 10 | Quarzgabbro C                 | 3,020 | 51,31 | 35,22 | 9,47  | 3,16 | 7,39 | 7,26  | -0,47 | 9,14 | 2,42 |
| III 12 | Hornblendegabbro,<br>normal B | 3,000 | 42,36 | 50,88 | 6,76  | 1,79 | 7,01 | 13,13 | 6,06  | 5,04 | 2,42 |
| III 11 | Gabbro A                      | 2,980 | 43,04 | 48,20 | 8,76  | 1,79 | 7,18 | 11,22 | 5,32  | 6,73 | 1,66 |

teil von MgO und FeO in den dunklen Komponenten geringfügig zugenommen. Man könnte den Granit als geschmolzenen und nur geringfügig durch den Quarzgabbro beeinflussten Quarzit auffassen. Verglichen mit anderen Granodioriten gleicher Q-Stufe sind seine M-Werte etwa 6% höher. Im LMQ-Dreieck liegen die Gabbropole C, B, A auf einer Hauptdifferenzationsbahn, auf dem zum Pyroxenpol führenden Strahl. Der Quarzgabbro ist also ein normales Restdifferentiat des Hornblendengabbros, in dem sich das Kali von 0,32 auf 1,61% angereichert hat. Unverkennbar ist die Steigerung nach der Dichte, die Beeinflussung durch die Assimilation dagegen nur sehr unbedeutend. Wäre eine Vermischung eingetreten, so müßten die Pole B, C und Granit E, D mit dem Quarzit auf einem Strahle liegen. Man sollte denken, daß bei einem an sich über 30 Breitengrade erstreckenden Granitkörper die heterogensten Sedimente mit ihm in Kontakt treten würden, daß die beobachtete Konstanz der Zusammensetzung durch Assimilation kaum erklärt werden könnte.

Buddington zeigt an dem granitodioritischen Coaste-Range-Lakkolith des südöstlichen Alaska eine Zunahme der leukokraten Bestandteile und der Kieselsäure von West gegen Ost, also entgegengesetzt der Faltungsrichtung des Gebirges. Daraus würde folgen, daß die Intrusionsrichtung der Faltungsrichtung entgegengerichtet ist, denn die leichteren sauren und leukokraten Mischungen eilen den basischen und melanokraten voran, ferner daß das Magma sich bei der Intrusion völlig passiv verhalten hat.

| Coaste Range                       | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | S. 660                  |
|------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|-------------------------|
| Westliche Teile<br>des Lakkolithen | 63,60 | 24,56 | 11,84 | 5,48 | 4,94 | 1,85             | 4,68 | 2,45 | 4,36 | 1,58 | Typus Elektrik<br>Peak. |
| Herz des Lakkolithen               | 67,40 | 13,80 | 18,80 | 6,38 | 4,09 | 2,30             | 2,83 | 1,44 | 1,97 | 1,32 | engadinitisch           |
| Östliche Teile<br>des Lakkolithen  | 68,12 | 4,74  | 27,14 | 7,39 | 2,25 | 3,23             | 0,66 | 0,39 | 0,86 | 0,92 | Typus Yosemite          |



In Britisch-Columbien erscheinen neben den Granodioriten auch atlantische Nephelinsyenite und verwandte Gesteine. Sie sind im Projektionsdreieck (Abb. 36) durch Kreuze markiert und liegen in einem anderen Felde.

Nach Daly leiten sich die Alkalimagmen aus den Alkalikalkmagmen ab, unter Bedingungen, die keine vollständige Sättigung der Alumosilikate mit Kieselsäure gestatten, z. B. bei der Assimilation von Kalksteinen und Dolomiten durch pazifische Magmen. Vom Standpunkt der Kristallisations-differentiation tritt bei der Bildung der Alkaligesteine ein Zerfall des polysilikatischen Feldspatmoleküls in ein Orthosilikat + Kieselsäure ein. Das  $\text{NaAlSiO}_4$  der granitischen Mutterlauge wird abgepreßt. In dem zusammengesetzten Batholithen des Okanagangebirges sind die Ossyos- und Rammel-Granodioritbatholithen älter als die Nephelinsyenitbatholithen der Kruger Mts. Die Similkameen- und Cathedral-Granite sind die jüngsten. Granodioritische Tiefengesteine, helle Granite als Übergangstypen zum Dioriten sind in Faltegebirgen sehr verbreitet. In der Tabelle S. 550 sind die granodioritischen Haupttypen zum Vergleich zusammengestellt.

#### g) Die Rhyolith-Andesit- und Basalt-Eruptionen.

Der Oberflächenvulkanismus der Kreide ist nicht zu einer besonders ausgedehnten Entfaltung gekommen. Nach der Laramie-Revolution kommt es in weiten Gebieten zur Entwicklung einer fröhertären Rumpffläche. Während des Eozäns entwickelt sich in allen Teilen dieses weiten Gebietes am pazifischen Rand des nordamerikanischen Kontinents eine ältere vulkanische Phase. Basalte, Andesite, Rhyolithe und Dazite werden ergossen. Die Ergüsse mögen bis in das Oligozän hinein gedauert haben. Neu belebt durch die Orogenese, Ende Mittelmiozän, erlangt der Oberflächenvulkanismus gegen Ende Miozän ein zweites Maximum seiner Entfaltung. Wieder sind es Basalte, Andesite, Rhyolithe und Dazite, die in gewaltigen Massen gefördert werden. Die Förderung dauert bis in das Pliozän hinein. Nur ausnahmsweise erscheinen andere Laven, wie die Latite am Westrand der Sierra Nevada. Gegen Ende Pliozän entwickelt sich eine weitere Rumpffläche. Mit den orogenetischen Bewegungen, an der Grenze Pliozän—Pleistozän, wird die Erosion neu belebt, tiefe Cañons schneiden sich in die alte Rumpffläche ein und nehmen dann die jüngeren Lavaströme auf. Auch während des Quartärs dauert der Vulkanismus an. Die jüngsten Ströme sind an gut erhaltenen Oberflächen kenntlich, sie folgen dem quartären Relief. Wohlerhaltene Aschenkegel zeugen von der Jugendlichkeit ihrer Entstehung, während die pliozänen Vulkane bereits bis in den Kern erodiert sind, wie z. B. der Marysville-Vulkan im kalifornischen Längstal. Die heutigen großen Vulkankegel reichen bis in das Pliozän, wenn nicht weiter, zurück.



Nicht bloß in Nordamerika, sondern überall in allen pazifischen Magma-provinzen von typischer Entwicklung trifft man immer wieder die innige Vergesellschaftung von Basalten, Andesiten und Rhyolithen resp. Daziten.

Diese Gesteinstypen sind die normalen Glieder einer Entwicklungsreihe, die vom Basalt als Ausgang zum Rhyolith und Dazit als Ende führt. Es sind die für die pazifischen Magma-provinzen aller Zeiten charakteristischen Gesteine. Im Gegensatz zu den Tiefengesteinen kehrt sich das Mengenverhältnis zugunsten der basischen Gesteine um. Daly fand durch Schätzung der Volumina Rhyolith : Andesit : Basalt = 1 : 10 : 50. Diese Gesteine decken im Projektionsdreieck die gleichen Felder, wie die Granodiorite, die Differentiationsbahnen sind die gleichen. Es sind daher die gleichen Magmen, die einmal in Tiefengesteinsfazies, dann in Effusivfazies zur Entwicklung gekommen sind.

Diese Entwicklungsreihe läßt sich vom Standpunkt der Kristallisations-differentiation leicht verstehen. Bei der Kristallisationsfolge wird das Restmagma saurer, wie die Teilanalysen der Grundmaße lehren. Dieses Restmagma reichert sich zudem mit Kali an, da der Natrongehalt durch die Mischkristallbildung der Plagioklase herausgezogen wird. Das Absinken von Olivin und Biotit, die Orthosilikate sind, macht das zurückbleibende Magma saurer. Mit fallender Temperatur führt also die Entwicklung vom basischen zum sauren Pol. Sehr gut läßt sich die Differentiationsbahn im Projektionsdreieck LMQ verfolgen. Die Ausscheidung einer Komponente, z. B. des Olivins, läßt die Projektionspunkte des zurückbleibenden Magmas auf dem gegen den Olivinpol gezogenen Strahl vom Olivinpunkt sich entfernen. Beim gleichzeitigen Ausfallen zweier Komponenten, etwa Augit und Olivin, muß die Differentiationsbahn dem Mengenverhältnis entsprechend einen resultierenden mittleren Lauf nehmen. Die Differentiationsbahnen werden in den pazifischen Magmen durch die Hauptkomponenten Olivin, Pyroxen oder Hornblende, Biotit und Feldspat bestimmt. Zur Eruption gelangen jeweils die Magmen, die durch Absinken der spezifisch schwereren, ausgeschiedenen Kristalle sich entwickelt haben oder abgepreßte Restmagmen. Da die Eruption in verschiedenen Entwicklungsstadien des Herdes einsetzen kann, ergibt sich die große Mannigfaltigkeit der Gesteinstypen und Eruptionsfolgen.

In den basischen Anfangsgliedern entfernen Magnetit und Titaneisen den Eisengehalt, in den saureren Gliedern bleibt das Ferro Eisen länger in Lösung. Der Olivin entzieht dem Magma vor allem die Magnesia, der Rest wird saurer und leukokrater. Die Entfernung des Pyroxens, vor allem des Diopsids, nimmt dem Magma den nicht im Anorthit gebundenen melano-kraten Kalk, ferner Magnesia und Eisen, die L-Werte steigen. Hornblende bildet sich nur so lange, als die magmatischen Gase nicht fortsieden können, also solange der Außendruck größer als ihre Dampfspannung ist. Sie wirkt



Vergleichs-  
Magmatypus.  
n. Niggli, Burri

|   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| Trondhjemit<br>Trondhjemit<br>Trondhjemitaplit<br>Trondhjemit<br>Trondhjemit<br>Trondhjemit<br>Trondhjemit<br>Trondhjemit, feinkörnig<br>Trondhjemit<br>Trondhjemit | Utsire<br>W. Trengereid, Bergen<br>Gissenaas, Opdal Inset<br>Skaolien, Austberg<br>Bremangerland<br>Sogneskollen<br>Svanoeen<br>Hof Frenstad, Kvikne<br>Dragaasen, Guldalen<br>Skougsnøien, Lindaas | Trondh-<br>jemitischer<br>Magmatypus |
| Quarzmonzonit<br>Quarzmonzonit<br>Quarzmonzonit<br>Quarzmonzonit<br>Quarzmonzonit<br>Quarzmonzonit  | Remmellakkolith, Okanagan<br>Diamond Mesa, Mt. Withney<br>Lone Pine Creek, Mt. Withney<br>Bauerman, Ridge Okanagar<br>Nevada Falls Trail, Yosemite<br>Lake Tenaya, Yosemite Valley                  | Typus<br>Yosemite                    |
| Windsorit   | Little Ascutney, Vermont  |                                      |
| Opdalit<br>Opdalit  | Austberg, Opdal Inset<br>Austberg, Opdal Inset  |                                      |
| Adamellit mit Hy.<br>Adamellit<br>Adamellit   | Havnefjord, Ellesmerland<br>Ponteresima, Engadin<br>Svartsbergvik, N. Ulfön, Schw.  |                                      |
| Tonalit<br>Tonalit<br>Tonalit<br>Tonalit  | Brixen, Südtirol<br>Gaul b. Lana, Südtirol<br>Rino, Val Camonica, Südtirol<br>Adamello  | Engadinitisches<br>Magma             |
| Banatit<br>Banatit<br>Banatit (Tonalit)<br>Banatit  | Dognaska, Banat<br>Dypvick, Farsand, Norw.<br>Cap Marsa, Algier<br>Vaskö, Banat   |                                      |
| Quarzglimmerdioritporphyr<br>Quarzglimmerdioritporphyr<br>Quarzdiorit<br>Quarzdiorit<br>Quarzdiorit<br>Quarzdiorit<br>Quarzdiorit<br>Diorit<br>Diorit               | Electric Peak<br>Electric Peak<br>Electric Peak<br>Electric Peak<br>Electric Peak<br>Electric Peak<br>Electric Peak<br>Electric Peak<br>Electric Peak   | Typus<br>Electric<br>Peak            |
| Lausitzer Hauptgranit<br>Riesengebirgsgranit<br>Striegauer Granit<br>Kerngranit   | Wiesa b. Kamenz, Lausitz<br>Durchschnitt<br>Durchschnitt<br>Brocken, Harz   | Variscische<br>Granite               |



typen.

| L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |
|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|
| 49,68 | 4,27  | 46,05 | 4,53 | 3,36 | 0,17             | 0,36 | 0,63  | 0,74 | 0,54 |
| 57,54 | 2,21  | 40,25 | 5,54 | 2,93 | 0,40             | 0,13 | —1,50 | —    | 1,57 |
| 63,92 | 2,30  | 33,78 | 7,13 | 1,72 | 0,88             | 0,17 | 0,44  | 0,42 | 0,12 |
| 67,05 | 3,10  | 29,85 | 7,18 | 2,33 | 1,43             | 0,62 | —0,29 | 0,53 | 0,62 |
| 65,60 | 5,58  | 28,82 | 6,44 | 3,52 | 1,31             | 1,38 | 0,03  | 0,18 | 1,60 |
| 70,32 | 2,12  | 26,56 | 7,94 | 1,85 | 1,83             | 0,14 | 0,06  | 0,25 | 1,48 |
| 70,48 | 4,23  | 25,29 | 8,05 | 1,52 | 1,74             | 0,29 | 0,78  | 0,37 | 0,90 |
| 74,56 | 2,33  | 23,11 | 8,54 | 1,56 | 1,55             | 0,62 | 0,37  | —    | 0,33 |
| 71,76 | 6,71  | 21,53 | 7,24 | 3,46 | 0,96             | 1,75 | 0,41  | 1,03 | 0,22 |
| 79,44 | 4,29  | 16,27 | 8,00 | 3,57 | 1,20             | 0,79 | —1,16 | 0,23 | 1,50 |
| 58,19 | 3,20  | 38,61 | 5,32 | 3,46 | 3,92             | 0,60 | 0,01  | 0,80 | 0,40 |
| 62,56 | 11,00 | 26,44 | 5,83 | 3,98 | 3,51             | 2,32 | 0,86  | 1,66 | 1,32 |
| 69,36 | 5,04  | 25,60 | 7,31 | 2,72 | 3,19             | 1,06 | 0,27  | 0,66 | 1,06 |
| 70,77 | 3,70  | 25,53 | 7,98 | 1,65 | 3,43             | 0,53 | —0,33 | 1,19 | 0,26 |
| 65,20 | 10,32 | 24,48 | 6,47 | 3,36 | 3,17             | 2,71 | 0,86  | 0,47 | 2,24 |
| 69,04 | 9,04  | 21,29 | 6,84 | 3,58 | 2,46             | 1,86 | 0,87  | 1,06 | 1,46 |
| 77,96 | 9,52  | 12,72 | 8,65 | 2,14 | 3,69             | 1,88 | 0,74  | 1,40 | 1,48 |
| 62,16 | 24,29 | 13,55 | 5,88 | 3,78 | 2,42             | 6,38 | 1,41  | 3,74 | 0,78 |
| 64,00 | 22,92 | 13,08 | 6,04 | 3,92 | 2,27             | 7,04 | 0,00  | 3,85 | 0,76 |
| 56,04 | 6,76  | 37,20 | 5,39 | 2,86 | 2,08             | 1,04 | —1,48 | 0,74 | 0,54 |
| 58,96 | 5,52  | 35,52 | 6,25 | 2,24 | 2,37             | 0,26 | 1,51  | 0,60 | 0,78 |
| 55,68 | 18,52 | 25,80 | 6,41 | 1,10 | 2,46             | 3,24 | 1,75  | 3,75 | 1,04 |
| 55,94 | 9,34  | 34,72 | 4,96 | 3,34 | 2,07             | 1,62 | —2,90 | 2,36 | 0,92 |
| 60,60 | 10,19 | 29,21 | 5,95 | 3,25 | 2,46             | 2,08 | 0,45  | 1,26 | 1,76 |
| 63,47 | 7,52  | 29,01 | 5,90 | 3,79 | 1,37             | 2,18 | —1,11 | 0,45 | 2,26 |
| 62,88 | 11,93 | 25,19 | 5,33 | 4,70 | 1,52             | 2,39 | —1,44 | 2,84 | 0,98 |
| 61,82 | 16,04 | 22,15 | 4,71 | 6,02 | 0,69             | 4,13 | —0,05 | 3,89 | —    |
| 64,32 | 14,50 | 21,18 | 6,01 | 4,06 | 2,50             | 0,83 | 0,19  | 6,23 | —    |
| 69,08 | 15,52 | 15,40 | 5,85 | 5,57 | 2,34             | 3,55 | 2,34  | 3,80 | —    |
| 67,20 | 11,92 | 5,98  | 5,98 | 4,84 | 1,94             | 3,10 | 0,49  | 0,63 | 2,32 |
| 65,52 | 5,41  | 29,07 | 6,50 | 3,38 | 1,77             | 1,56 | 0,12  | —    | 2,05 |
| 61,39 | 10,26 | 28,35 | 5,52 | 3,99 | 1,86             | 3,33 | —1,27 | 0,54 | 2,12 |
| 69,35 | 3,19  | 27,46 | 6,62 | 3,98 | 1,61             | 0,21 | —0,47 | —    | 2,77 |
| 66,02 | 10,68 | 23,30 | 6,19 | 3,94 | 1,76             | 3,40 | —0,74 | 0,52 | 2,84 |
| 66,76 | 12,36 | 20,88 | 6,07 | 4,55 | 2,16             | 3,50 | 0,13  | 1,43 | 2,24 |
| 65,36 | 15,44 | 19,20 | 6,01 | 4,32 | 1,74             | 4,17 | 0,29  | 2,83 | 0,86 |
| 63,32 | 16,82 | 19,86 | 5,80 | 4,23 | 1,56             | 5,48 | 0,89  | —    | 4,08 |
| 67,40 | 22,14 | 10,46 | 5,34 | 6,17 | 1,51             | 5,78 | 1,02  | 2,38 | 3,78 |
| 60,52 | 31,66 | 7,82  | 4,46 | 6,21 | 0,97             | 8,92 | 2,26  | 3,62 | 2,06 |
| 51,18 | 13,18 | 35,64 | 5,11 | 1,95 | 2,92             | 2,25 | —2,50 | 4,34 | —    |
| 61,16 | 8,92  | 29,92 | 6,12 | 3,05 | 2,62             | 2,24 | —     | 2,22 | —    |
| 62,36 | 8,42  | 29,22 | 7,14 | 1,31 | 3,12             | 1,25 | —     | 2,26 | —    |
| 64,16 | 4,40  | 31,44 | 7,34 | 1,36 | 4,05             | 0,38 | —     | 1,82 | —    |



sich wie die Pyroxene aus. Die rhombischen Pyroxene entstehen bei Mangel an melanokraten Kalk. Der Anorthit entfernt den leukokraten Kalk und läßt die C-Werte sinken. Durch seine Mischkristallbildung mit der Albitkomponente entzieht er dem Magma gleichzeitig das Natron und einen Teil der Tonerde und drückt die A-Werte. Das Restmagma muß sich dann mit Kali anreichern.

Der Biotit  $\text{H}_2\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSiO}_{12}$  ist die einzige Komponente, die dem Magma Kali entzieht, denn der Orthoklas verbleibt als eine späte Ausscheidung bis zuletzt im Magma. Die Bildungsbedingungen des Biotits liegen ähnlich wie bei der Hornblende, er kann nur auskristallisieren, solange der Außendruck den Innendruck noch übersteigt, im anderen Fall wird auch er wie die Hornblende instabil und zerfällt. Ferner erfordert die Biotitbildung auf 1  $\text{K}_2\text{O}$  den dreifachen Betrag  $\text{MgO}$  oder  $\text{FeO}$ . Da mit zunehmender Kieselsäure die Magnesia schneller als das Eisenoxydul entfernt wird, sind die Glimmer der sauren Glieder eisenreiche Lepidomelane, während in den basischen Gesteinen magnesiareichere Mischkristalle entstehen. Ein Dazit schließt die Entwicklungsreihe nur dann ab, wenn die Glimmerbildung lange genug angedauert hat, um dem Magma genügend Kali zu entziehen.

Es ist eine auffallende Tatsache, daß in der Gegenwart zwar noch Dazite, aber sehr selten Rhyolithe zur Förderung gelangen. Das granitische, rhyolithische Magma, das durch Orogenese in erster Linie emporgetragen wird, scheint dieselben am wenigsten lange zu überleben.

Die Basalte sind heißer als die Andesite und diese wieder heißer als die Rhyolithe und Dazite. Diese Reihe ist zugleich eine Reihe zunehmender Viskosität und abnehmender Dichte. Sie bestimmt zugleich die Oberflächenformen des Vulkanismus. Der schwere Basalt steigt nicht bis zum Gipfel der hohen Vulkankegel auf und bahnt sich seinen Ausweg in der Fußregion.

Oben wurden bereits die Latiteruptionen der Sierra Nevada erwähnt. Am Westabhang des Gebirges, O von Stockton, zwischen  $37^\circ 50'$  und  $38^\circ 30'$  N. Br. und  $120^\circ 40'$  und  $120^\circ$  W. L., findet sich auf der älteren Rumpflfläche ein pliozänes Eruptivgebiet. Auf rhyolithische Ergüsse folgen andesitische Breccien und Tuffe, darüber liegen die Basalte des Stanislaus River. Der Fluß hat sein Bett tief in die Basaltdecke eingensagt. In dieses Tal ergossen sich nacheinander drei Latitströme. Zuunterst der 97 km lange Table Mt. Flow, ein dunkler, säulenförmig abgesonderter Augitlatit (Aug. Lab.), darüber ein Biotitlatitstrom, 152 m mächtig, der jüngste Strom ist der Dardanelle Flow, 457 m mächtig, ein olivinarmen Augitlatit. Den Abschluß machen wieder andesitische Laven. Die pleistozäne Erosion hat diese Decken und ihren sedimentären Untergrund in tiefen Tälern angeschnitten. Die folgende Tabelle gibt die Gesteinskonstanten:



## Latiteruption der Sierra Nevada.

| S. 632 |                                    | L     | M     | Q     | A    | C    | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |
|--------|------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------------------|------------------|------|------|------|------|
| I 10   | Basalt, Dardanelles, Stanislaus R. | 63,84 | 18,98 | 17,18 | 3,57 | 8,82 | 3,04              | 0,53             | 1,14 | 3,11 | 2,58 | 5,32 |
| II 4   | Augitlatit Table Mt. Flow          | 68,44 | 22,48 | 9,08  | 5,97 | 5,17 | 3,47              | 2,50             | 5,75 | 2,74 | 1,25 | 3,00 |
| II 5   | Augitlatit Table Mt. Flow          | 67,68 | 26,24 | 6,08  | 5,91 | 5,10 | 2,73              | 3,18             | 6,35 | 2,79 | 2,80 | 2,54 |
| II 2   | Biotitaugitlatit Clover Meadow     | 78,08 | 7,10  | 14,82 | 7,92 | 3,68 | 4,64              | 3,28             | 1,77 | 0,21 | 0,20 | 2,60 |
| II 3   | Augitlatit Dardanelle Flow         | 75,20 | 16,02 | 8,78  | 7,70 | 3,40 | 4,07              | 3,63             | 3,12 | 1,62 | 2,18 | 2,16 |

Die Latite entstammen offenbar einem monzonitischen Magma, wie auch unter den Granodioriten Monzonite zu finden sind.

Der quartäre Vulkanismus ist dem weiten Gebiet bis auf wenige Reste zum Erlöschen gekommen.

Im Bereich des Pazifik-Mountains-Systems trägt die Sierra Nevada und das Kaskadengebirge noch heute große Vulkankegel, die ihrem völligen Erlöschen nahe kommen. Sie sollen als Kaskadenvulkane näher beschrieben werden.

Die Wrangell-Vulkangruppe nimmt eine tektonische Sonderstellung durch ihre Lage über einen Grabenbruch ein. Im höchsten Norden dagegen stellt die Alaska-Aleuten-Vulkanreihe eine außerordentlich vulkanisch regsame Zone dar, die zu den aktivsten der ganzen Erde gehört.

Im Bereich des Rocky-Mountains-Stammes ist der Vulkanismus bis auf einige postvulkanische Nachwirkungen im Yellowstone-Gebiet erloschen.

In dem Zwischengebiet ist der Vulkanismus in jüngster Zeit zum Erlöschen gekommen. Die San-Francisco-Vulkane, Mt. Taylor und andere sind jedenfalls noch in der Postglazialzeit tätig gewesen. Das gleiche gilt von dem großen Columbialavaplateau, das erst in allerjüngster Zeit seine Tätigkeit eingestellt hat.

## 2. Die Kaskadenvulkane.

Die Reihe der großen Kaskadenvulkane eröffnet der Lassen Peak, 3189,9 m, 40° 29' N. Br., 121° 18' W. L. Er liegt in Nordostkalifornien an der südlichen Grenze der Shasta Co., 322 km NO von San Francisco, am nördlichen Ende des Sacramentotals und überragt seine Umgebung um 1372 m.

Der Untergrund des Vulkans besteht aus der Chicoformation = obere Kreide. Darunter liegen die Cedarformation = Jura—Trias und, durch eine Diskordanz getrennt, die gefalteten paläozoischen Schichten. An ihrem Aufbau beteiligen sich Schiefer- und Sandsteine und besonders häufig Kalksteine. Doch sind Alkaligesteine, die nach Daly aus der Assimilation von



Kalksteinen hervorgehen sollen, nirgends gefunden worden. Die ausgeflossenen Laven gehören der Magmaprovinz des columbischen Lava-plateaus an. Die Eruptionen begannen in der Jone Epoche = Neocom, zur Extrusion gelangten zuerst Hornblendeandesite, dann wechselnd Pyroxenandesite, Rhyolithe, Dazite, Basalte und zuletzt Quarzbasalte. Der Lassen-vulkan zeigt im Mt. Brokeoff, 1372 m, Reste einer alten Calderaumwallung von mehr als 1600 m Durchmesser; nach Diller ist sie im Miozän angelegt worden. An ihrem Nordende wuchs der Dom des heutigen Lassen Peak hervor, der vorwiegend aus sauren Andesiten und Daziten sich zusammensetzt. Lassen Peak ist ein ausgedehntes Zentrum der Vereisung gewesen. Der Vulkan hat das Maximum der Entwicklung bereits vor der Eiszeit erreicht und geht seinem völligen Erlöschen entgegen.

Vor etwa 200 Jahren brach auf der Nordseite in der rauhen Region des Lassen Creek der Berg aus, seitdem beschränkte sich die Tätigkeit auf Geysirserscheinungen, heiße Quellen, die im Süden des Berges auf zwei sich schneidenden Spaltensystemen angeordnet sind. Es sind das Lake Tartarus (Boiling Lake), Devils Kitchen, in Richtung auf Bumbas Hell und von Mill Creek Springs, Supan Springs gegen Morgans Springs.

Eine ausführliche Schilderung der letzten großen Ausbruchsperiode verdanken wir Day und Allen.

Ohne vorausgehende Warnungssignale fand am 30. Mai 1914 um 17 Uhr ein Ausbruch von Asche, vermischte mit Wasser, aus dem zentralen Krater von 7,6 : 12 m Durchmesser statt. Während der Sommermonate wiederholten sich ähnliche Explosionen, nicht selten erhob sich die Explosionswolke bis zu Höhen von 1000—3000 m. Der Krater maß am 5. September 108 : 263 m. Die maximale Temperatur des Vulkans war sehr niedrig, erreichte jedenfalls nicht die Rotglut. Das war die erste Periode.

Während der Wintermonate änderte sich das Bild kaum, bis Mai 1915 hatte man 162 Ausbrüche gezählt. Vom 19. bis 22. Mai, bemerkenswerterweise mit der Zeit der Schneeschmelze zusammenfallend, steigerte sich die Tätigkeit zu einem zweiten Maximum. Neben dem alten Krater hatte sich ein neuer kreisrunder Explosionskrater von 300 m Durchmesser gebildet. Aus einem Riß des Kraterrands des westlichen Gipfels begann eine schwarze Staumasse emporzuwachsen. Am 19. Mai 1915 21 Uhr fand eine große Explosion statt. Zum ersten Male rieselten rotglühende Massen den Hang herab. Der Stoß der Explosion war aber horizontal gerichtet und entlud einen Schlammstrom auf der NO-Seite gegen den Hat Creek. Am 22. Mai 1915 16 Uhr 30 erfolgte die heftigste Explosion, die Wolke stieg 9 km hoch auf, es folgte noch eine horizontale Explosion, die wieder einen Schlammstrom in gleicher Richtung auslöste, drei weitere Schlammströme geringeren Umfangs auf der N-, NW- und W-Seite wurden durch die plötzliche Schneeschmelze veranlaßt.



Nun beruhigte sich der Berg. Am Ende des Jahres bestanden zwei größere Eruptionszentren, das erste im alten Krater in der NO-Ecke entstanden 1914, das zweite an der Außenseite des Kegels. Hier tat sich bei der Maieruption ein Riß auf, von ihm gingen die späteren Eruptionen aus. Das nächste Jahr blieb ziemlich ruhig, erst zur Schneeschmelze April, Mai 1917 lieferte der Berg Dampferuptionen wie in den ersten Jahren. Ein kleines drittes Eruptionszentrum bildete sich in der Peripherie des alten Kraters, bis zum Jahre 1921 war hier der Sitz einer lebhaften Fumarolentätigkeit, die 1922 noch Temperaturen von  $79^{\circ}$  besaßen.

Die Lasseneruption ist der Typus einer extrem kalten Eruption, sie ist ausgezeichnet erforscht. Es soll daher auf ihren Mechanismus noch näher eingegangen werden.

Der Lassen Peak ist ein absterbender Vulkan. Neue Lava hat der Ausbruch überhaupt nicht gefördert. Die Asche ist altes Material eines sauren, auf der Grenze zum Dazit stehenden Andesits, von der Zusammensetzung der älteren Andesite des Kegels.

Für die Beurteilung des Ausbruchs ist die Ermittlung der maximalen Temperatur von besonderer Bedeutung. Folgende Anhaltspunkte sind zu gewinnen. Der Biotit im Andesit gibt einen Anhaltspunkt. Biotit, Dichte = 1,64, verliert unter Atmosphärendruck bei  $500^{\circ}$  an Gewicht, wird bei  $650^{\circ}$  rot und zweiachsig, die Dichte steigt auf 1,69. In neutraler Atmosphäre bleibt er bis  $880^{\circ}$  unverändert und zerfällt bei  $900^{\circ}$  zu Magnetit. Die Veränderungen bestehen in einer Abgabe von Wasser und Oxydation des Eisens. Aber auch bei völligem Mangel an Luftsauerstoff strebt  $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$  einem Gleichgewicht zu, das in den Schlotandesiten bei  $1260^{\circ}$  mit dem Verhältnis 1,78 : 2,73 erreicht wird.

In allen Andesiten ist der Biotit noch nicht zerfallen, höchstens beginnt der Zerfall randlich. Die maximale Temperatur kann also nicht viel über  $850^{\circ}$  gestiegen sein.

Ferner läßt sich das dunkle Gesteinsglas zur Temperaturbestimmung verwerten. Im Vakuum hellt dasselbe bei  $850^{\circ}$  auf, wird bei  $1050^{\circ}$  farblos, bei  $1260^{\circ}$  schaumig. Der dichte Lassenandesit beginnt bei  $850^{\circ}$  zu erweichen. Hiermit ist die Grenze der Beweglichkeit unter dem eigenen Gewicht erreicht. Die Auswürflinge waren nachts tiefrot bis lebhaft rot, was Temperaturen von  $600\text{—}700^{\circ}$  entspricht.

Die Temperatur im Bereich des Staudoms und der vulkanischen Bomben ist also nicht über  $850^{\circ}$  gestiegen. Die verheerende Wirkung der absteigenden Glutwolken setzt sich aus zwei verschiedenen Faktoren zusammen, aus Temperatur und Expositionsdauer. Die vom Dampfstrom betroffene Vegetation war verdorrt und braungebrannt, schlug aber im nächsten Frühjahr wieder aus. Pinien, eine Minute der Temperatur von  $160^{\circ}$  ausgesetzt, zeigten das gleiche Bild. Unter den durch Steinen oder Erdreich geschützten Stellen



war nicht einmal der Schnee völlig weggetaut. Das spricht für niedrige Temperaturen und kurze Explosionsdauer. Day und Allen kommen bei der Würdigung dieses Tatsachenmaterials zum Ergebnis, daß die Temperatur der Glutwolke beim Austritt  $600^{\circ}$ , beim Eintritt in den Hat oder Loß Creek  $400\text{--}300^{\circ}$  betragen habe.

Der vulkanische Ausbruch hat sich also bei einer ungewöhnlich tiefen Temperatur zugetragen. Gegenüber den außerordentlich großen Wasserdampfmengen, die in Freiheit gesetzt wurden, spielen andere vulkanische Gase keine nennenswerte Rolle. Die Paroxysmen fallen mit der Zeit der Schneeschmelze zusammen, im schneearmen Winter 1916 blieben sie aus, ein ursächlicher Zusammenhang dieser Phänomene ist offenkundig.

Das Lassen-Peak-Magma erweist sich als hochdifferenziertes, stark unterkühltes, saures und sehr wasserreiches Magma. Das Wasser ist teils primär, teils aber sicherlich aus wasserführenden Grundwasserhorizonten und durch Zustrom meteorischen Wassers erworben. Saure Magmen, weit mehr als basische, können, zumal unter Druck, beträchtliche Mengen Wasserdampf lösen; mit sinkender Temperatur steigt das Lösungsvermögen.

#### Gase im Andesit nach Shepherd.

Journ. Geol. 33, 1925, S. 366.

| I.                             | II.            |
|--------------------------------|----------------|
| $\text{CO}_2 = 0,00906$        | 2,070          |
| $\text{CO} = 0,00137$          | 0,623          |
| $\text{H}_2 = 0,00003$         | 0,412          |
| $\text{N}_2 = 0,00127$         | 0,577          |
| $\text{A} = 0,00001$           | 0,003          |
| $\text{SO}_2 = 0,00047$        | 0,009          |
| $\text{S}_2 = 0,00376$         | 0,882          |
| $\text{Cl}_2 = 0,00166$        | 0,297          |
| $\text{F}_2 = 0,00457$         | 1,524          |
| $\text{H}_2\text{O} = 0,13327$ | 93,658         |
| <u>Sa. = 0,15547</u>           | <u>100,055</u> |

I. Gewichtsprocente des Gesteins V 17, S. 638.

II. Volumenprocente bei  $1200^{\circ}$ . 9,5 ccm/g.

Das Wasser fördert die Unterkühlung und setzt die Viskosität stark herab, so daß die Massen auch bei tiefen Temperaturen noch länger beweglich bleiben. Wenn ein solches Magma kristallisiert, steigt der Dampfdruck außerordentlich schnell an. Der Förderkanal war durch den Pfropfen verstopft, das nachdringende Magma vermochte ihn nicht mehr zu entfernen. Eine Explosion tritt jedesmal ein, wenn die schnell wachsende Dampfspannung bei der Kristallisation den Außendruck überwinden konnte,



dadurch erklärt sich die Periodizität der Explosionen. Der Kegel als Ganzes leistete dem Innendruck Widerstand und gab nur an den schwächsten Stellen den Krateröffnungen nach. Hätte die vulkanische Energie den Pfropfen entfernen können, so hätte die Eruption einen anderen Verlauf nehmen müssen. Man muß sich die Wasseraufnahme durch das Magma als einen langsamen, kontinuierlichen Vorgang vorstellen. Blieb der Wasserzufluß aus, so wurde die Masse zu viskos und die Kristallisation kam zum Stillstand. Ein plötzliches Eindringen großer Grundwassermengen hätte zu einem einzigen Paroxysmus, einer Kontaktexplosion führen müssen. So kann der geschilderte Ausbruch als ultravulkanianische Eruption tiefster Temperatur bezeichnet werden, die einen besonderen Typus darstellt, der als lassenianische Eruption bezeichnet werden kann.

Nachfolgende Tabelle gibt nach Q-Werten geordnet die Konstanten der Lassengesteine:

## Lassen Peak.

| S. 638 |   | L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|--------|---|-------|-------|-------|------|-------|------------------|-------|-------|------|------|
| V 6    | Dazit, Lassen Peak                      | 62,35 | 5,30  | 32,35 | 5,37 | 3,73  | 1,72             | 1,27  | —4,47 | —    | 2,76 |
| V 2    | Dazit, Buntingville                     | 68,71 | 4,02  | 27,30 | 6,68 | 3,55  | 1,20             | 1,14  | —1,07 | 0,37 | 1,00 |
| V 1    | Dazit, Westbasis                        | 65,84 | 7,66  | 26,50 | 6,54 | 3,38  | 1,98             | 2,18  | 6,46  | 0,53 | 1,32 |
| V 4    | Dazit, Lassen Peak                      | 65,97 | 7,18  | 26,85 | 6,35 | 3,73  | 2,09             | 2,22  | —0,32 | 1,04 | 0,66 |
| V 3    | Dazit, Chaos                            | 64,96 | 9,06  | 25,98 | 6,51 | 3,22  | 1,97             | 2,10  | 0,66  | 1,31 | 0,92 |
| V 15   | Schlammstrom,<br>Hat Creek 1915         | 64,72 | 9,47  | 25,81 | 5,72 | 4,74  | 1,38             | 2,96  | 0,65  | 1,06 | 1,02 |
| V 13   | Asche 14. Sept. 1914                    | 63,12 | 12,64 | 24,24 | 5,24 | 5,30  | 1,34             | 3,56  | 0,61  | 1,48 | 1,34 |
| V 16   | Bimsstein, Krater 1915                  | 67,16 | 13,62 | 19,22 | 5,89 | 5,01  | 1,56             | 4,27  | 0,83  | 1,12 | 1,18 |
| V 9    | Hornblendeandesit,<br>Tuscan Butte      | 68,24 | 13,40 | 18,36 | 4,98 | 7,10  | 0,93             | 3,92  | 0,73  | 0,92 | 2,26 |
| V 8    | Andesit, Kraterpeak,<br>N-Abhang        | 66,76 | 17,14 | 16,10 | 5,21 | 6,27  | 1,19             | 4,55  | 0,66  | 2,63 | 1,46 |
| V 10   | Andesit, Baily Creek                    | 64,32 | 22,96 | 12,72 | 5,25 | 5,58  | 1,44             | 6,30  | 1,77  | 2,61 | 1,60 |
| VII 18 | Quarzbasalt, Nordbasis                  | 63,64 | 24,44 | 11,92 | 4,23 | 7,45  | 0,86             | 7,46  | 2,12  | 0,86 | 3,56 |
| V 17   | Glasiger Pyroxenandesit,<br>Krater 1915 | 69,88 | 18,74 | 11,38 | 6,68 | 4,11  | 1,41             | 4,75  | 1,86  | 2,25 | 1,02 |
| V 14   | Basalt, Lake Tartarus                   | 61,64 | 26,66 | 11,70 | 3,72 | 7,97  | 0,72             | 7,45  | 1,50  | 3,79 | 1,18 |
| VII 22 | Rec. Basalt, Pit River                  | 66,24 | 22,92 | 10,84 | 2,90 | 10,76 | 0,42             | 0,57  | 0,99  | 9,90 |      |
| V 7    | Andesit, Chaos                          | 64,52 | 30,28 | 5,20  | 3,80 | 8,53  | 0,72             | 8,00  | 2,88  | 2,88 | 2,76 |
| V 12   | Basalt, Krater Peak                     | 65,28 | 29,94 | 4,78  | 4,39 | 7,54  | 0,53             | 8,19  | 2,79  | 2,19 | 3,60 |
| VII 19 | Quarzbasalt, Silver Lake                | 57,88 | 37,86 | 4,26  | 4,34 | 5,79  | 0,69             | 12,14 | 2,51  | 3,85 | 0,86 |
| V 11   | Hypersthenandesit,<br>Kraterpeak        | 61,24 | 34,90 | 3,86  | 3,62 | 8,07  | 0,52             | 9,50  | 3,04  | 4,13 | 1,56 |
| VII 20 | Basalt, Inskip Krater                   | 52,96 | 46,76 | 0,28  | 2,85 | 7,54  | 0,19             | 13,43 | 5,70  | 2,73 | 3,04 |
| VII 21 | Basalt, Paines Creek                    | 56,20 | 49,36 | —5,56 | 2,54 | 8,97  | 0,19             | 14,38 | 3,87  | 5,78 | 1,66 |

Der vulkanische Sattel des Lassen Peak schließt das Sakramental im Norden ab und stellt die Verbindung zwischen der Sierra Nevada und den



Coast Range her. Auf einem gemeinsamen Sockel sitzen Vulkane von drei Größenordnungen auf. Die kleinsten sind am meisten verstreut und am jüngsten. Unter ihnen ist der Cinder Cone, 2105 m, zu nennen, 40° 30' N. Br., 121° 18' W. L., er erhebt sich 195 m über seine Basis, ein wohl-

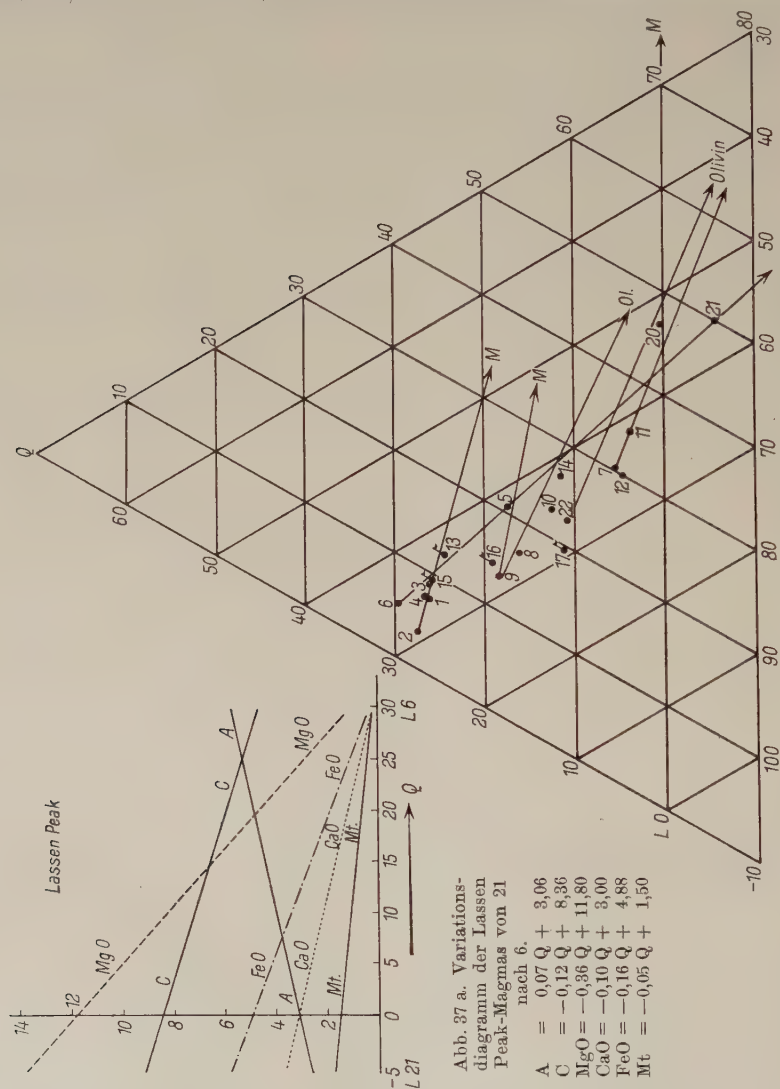


Abb. 37. Gesteine des Lassen Peak.

erhaltener Aschenkegel mit 30–37° Böschung und einem 73 m tiefen Krater. Den Kegel umgibt in einem Umkreis von 13 km Radius ein Aschenfeld mit verstreuten großen Bomben. 400 m vom Kegel ist die Aschenlage noch 2 m mächtig und in den unteren Lagen reich an Bimssteinfragmenten.

In der ersten Bildungsperiode fand ein starker Aschenausbruch statt, der den Cinder Cone aufschüttete und das Aschenfeld schuf. Der Ausbruch



schloß mit einer gewaltigen Lavaeffusion ab. Der 5 km lange Strom ist rauh und endet in einer 30 m hohen Steilkante. Er ist zwischen Lake Bidwell und Snake Lake geflossen. Diller verlegt dieses Ereignis um das Jahr 1600 bis 1650. Es folgt eine lakustre Periode mit dem Absatz von Infusorienerde. Die zweite Periode lieferte einen rauhen Strom aus der SO-Seite in 1935 m Höhe, er deckte einen Teil des ersten Lavafeldes und gab dem Lavaplateau seine heutige Gestalt. Dieses Ereignis fand in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts statt.

Die Lava, zähflüssige Aa-Lava, ist ein Quarzbasalt, dessen Gesteinskonstanten die nachfolgende Tabelle, nach Q-Werten geordnet, angibt.

## Cinder Cone.

S. 642

L M Q A C K<sub>2</sub>O MgO CaO FeO Mt

| S. 642 |  | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |                          |
|--------|--|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|------|--------------------------|
| VII 7  | Bimsstein-Basis<br>Cinder Cone         | 51,32 | 1,40  | 47,28 | 5,55 | 1,73 | 1,02             | 0,13  | 0,12 | 0,32 | 0,26 | Einschluß<br>in der Lava |
| VII 5  | Quarzbasalt<br>Cinder Cone             | 57,56 | 35,04 | 7,40  | 4,14 | 6,11 | 1,08             | 10,76 | 2,55 | 3,57 | 1,28 | 2. Lava-<br>strom        |
| VII 4  | Quarzbasalt-Bombe<br>Cinder Cone       | 56,96 | 39,22 | 3,82  | 4,49 | 5,26 | 1,07             | 11,33 | 3,41 | 4,36 | 1,02 | Bombe                    |
| VII 3  | Quarzbasalt<br>Cinder Cone             | 62,24 | 34,02 | 3,74  | 4,65 | 6,26 | 1,08             | 9,50  | 2,92 | 4,02 | 1,14 | Lapilli                  |
| VII 2  | Quarzbasalt 0,8 km<br>NO Cinder Cone   | 60,40 | 37,42 | 2,18  | 4,31 | 6,48 | 0,95             | 11,55 | 2,59 | 4,00 | 1,14 | Vulkan.<br>Sand          |
| VII 1  | Quarzbasalt West-<br>ende Lake Bidwell | 59,92 | 38,84 | 1,24  | 4,69 | 5,60 | 1,01             | 11,56 | 3,03 | 4,26 | 1,14 | 1. Lava-<br>strom        |
| VII 6  | Quarzbasalt 0,5 km<br>S Cinder Cone    | 54,56 | 45,94 | -0,50 | 3,86 | 5,92 | 0,81             | 13,57 | 3,98 | 5,05 | 0,74 | 1. Lava-<br>strom        |

Die Differentiationsbahnen weisen mit Ausnahme des sauren Bimssteines auf den Olivinpol hin.

Der nächste große Vulkankegel ist der Mt. Shasta, 4836 m, er trägt eine Firnkappe. Mt. Shasta wächst unvermittelt aus der offenen Ebene heraus und wirkt daher als imposantes Massiv. Von Westen erscheint er als Doppelkegel. Der Hauptkegel ist außerordentlich regelmäßig, mit einer Böschung von 35° gebaut.

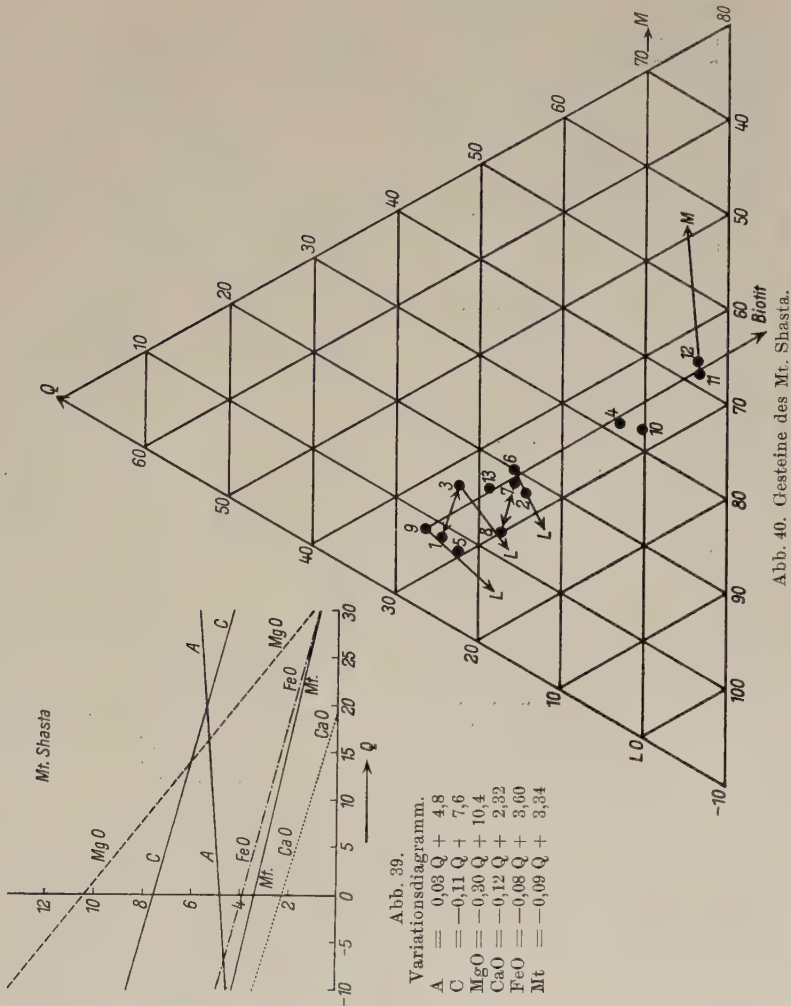
Die Erosion hat den Berg bereits stark angegriffen und radiale Täler in die Flanken geschnitten, die glaziale Erosion hat dazu ihren Stempel aufgedrückt. Zahllose kleine Kegel umgeben den Vulkanriesen, der zweite Kegel ist der Mt. Shastina, 600 m niedriger als der große Shasta, ein Kegel mit Gipfelkrater. Gewaltige Lavaströme sind auf den Flanken herabgeflossen. Der Lava-Park entspringt auf der NW-Seite in 1500—1800 m Höhe, er ist einer der jüngsten Ströme. In 1523 m Höhe entspringt auf der Westseite ein anderer Strom. Der größte Strom nimmt seinen Ursprung von der Südseite in 1676 m Höhe, er teilt sich in zwei Arme, der eine ist 19 km







kegel der Insel Wizard heraus, ein mit Lava erfüllter Krater; zwei weitere Kegel liegen unter dem Wasser. Einst baute sich über der Caldera ein wenigstens 4000 m hoher Vulkan, der Mt. Mazama, auf. Nach Johnson liegt der Vulkan über der Kreuzungsstelle zweier Verwerfungssysteme.



In diesen jungvulkanischen Teilen des Kaskadengebirges begann die vulkanische Tätigkeit im Eozän, erreicht im Miozän ein Maximum und kam im Glazial zum Erlöschen. Der Mt. Mazama förderte zuerst Andesite, dann aus sekundären Förderkanälen, auf der Seite des Berges, Basalte und zuletzt saure dazitische Bimssteine. In jung- oder postglazialer Zeit erfolgte die Calderabildung. Die Anordnung der Gletscherschrammen lehrt, daß der hohe Mazamakegel zur Zeit der Vereisung noch bestanden hat. Die aller-

v. Wolff, Vulkanismus. II.







## Crater Lake.

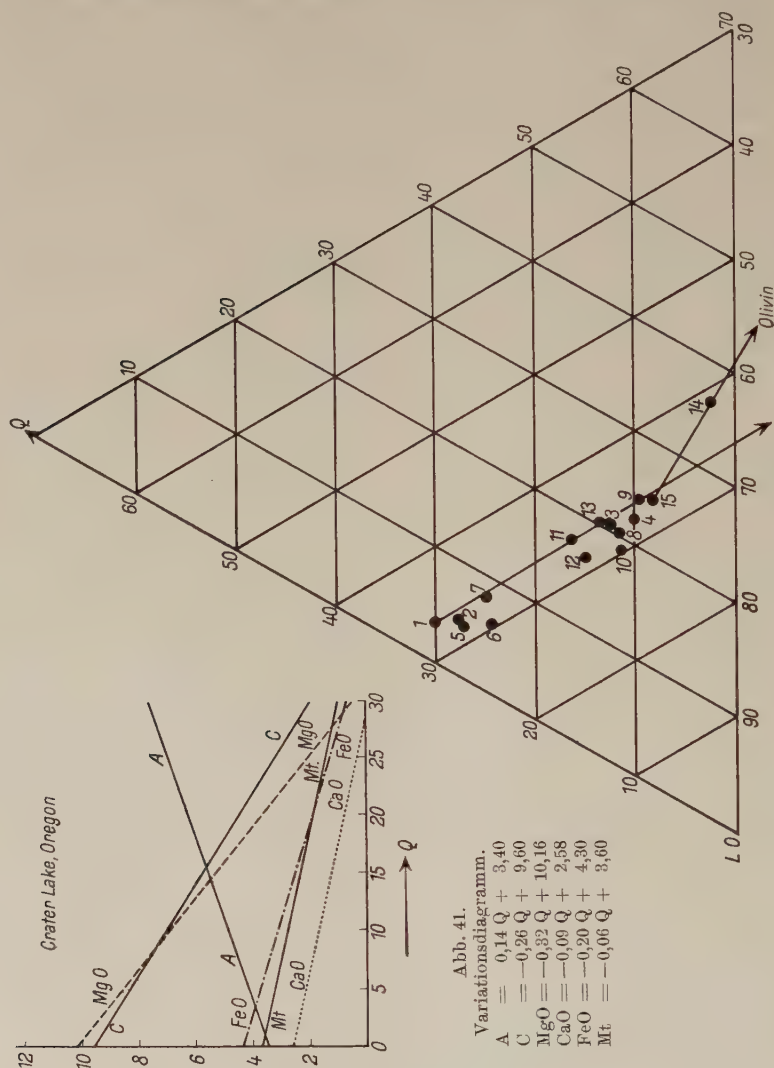
S. 646

|        |   | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |  |
|--------|---|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|--|
| IX 1   | Hypersthendazit, Liao Rock                              | 66,59 | 3,42  | 29,99 | 7,36 | 1,91 | 1,97             | 0,79  | -0,07 | 0,39 | 1,06 | Gang, quartär                                |
| IX 2   | Hypersthendazit, Liao Rock                              | 67,44 | 4,98  | 27,58 | 7,31 | 2,24 | 1,91             | 1,05  | 0,26  | 0,59 | 1,18 | "  |
| IX 5   | Hypersthendazit, Cleetwood Cove                         | 68,16 | 4,76  | 27,08 | 7,24 | 2,56 | 1,78             | 1,25  | 0,14  | 0,27 | 1,44 | Quartär                                      |
| VIII 9 | Hypersthendazit, Crater Peak                            | 64,97 | 8,50  | 26,53 | 5,89 | 4,45 | 1,77             | 2,22  | 0,05  | 1,51 | 1,04 |  |
| IX 7   | Hypersthendazit, Crater Lake<br>S-Rand                  | 66,56 | 8,32  | 25,12 | 6,47 | 3,70 | 1,65             | 2,25  | 0,26  | 0,92 | 1,46 | Ausscheidung im Dazit                        |
| IX 6   | Hypersthendazit, Wine Glass<br>Grotto Cove              | 69,72 | 6,03  | 24,25 | 7,29 | 2,85 | 1,79             | 1,72  | 0,40  | —    | 1,79 | Quartär                                      |
| IX 11  | Hypersthendazit, Palisades,<br>Crater Lake              | 65,80 | 17,46 | 16,74 | 5,51 | 5,43 | 1,18             | 5,05  | 1,19  | 1,51 | 1,96 | Älter als die Dazite                         |
| IX 12  | Hypersthendazit, The Watch-<br>man, Crater Lake         | 68,24 | 16,78 | 14,98 | 5,55 | 5,96 | 0,99             | 4,56  | 0,79  | 2,31 | 1,46 | pliozän?                                     |
| IX 3   | Hypersthendazit, Liao Rock                              | 66,04 | 20,70 | 13,26 | 4,91 | 6,69 | 0,86             | 5,97  | 1,33  | 1,92 | 2,26 |  |
| IX 8   | Hypersthendazit, zwischen<br>Liao Rock und Glacier Peak | 67,12 | 20,38 | 12,50 | 5,35 | 6,08 | 0,91             | 5,75  | 1,24  | 2,35 | 1,70 | Gang, quartär                                |
| IX 13  | Hypersthendazit, Desert Cove                            | 66,76 | 21,42 | 11,82 | 4,86 | 6,97 | 0,92             | 5,72  | 1,18  | 3,15 | 1,32 | Älter oder gleichzeitig<br>mit den Daziten   |
| IX 10  | Hypersthendazit, Insel Wizard                           | 69,64 | 19,26 | 11,10 | 5,47 | 6,47 | 0,92             | 5,15  | 0,94  | 2,83 | 1,46 | Jüngster Andesit                             |
| IX 4   | Basalt Liao Rock  | 67,64 | 22,28 | 10,08 | 5,04 | 6,83 | 0,86             | 6,50  | 1,72  | 1,73 | 2,38 |  |
| IX 9   | Hypersthendazit, Crater Lake                            | 66,44 | 23,72 | 9,84  | 4,56 | 7,49 | 0,52             | 6,97  | 1,11  | 2,87 | 1,82 |  |
| IX 15  | Hypersthendazit, Basalt<br>Anna Creek                   | 67,12 | 24,66 | 8,22  | 4,70 | 7,38 | 0,59             | 7,11  | 1,30  | 3,07 | 1,70 | Älter oder gleich-<br>zeitig mit den Daziten |
| IX 14  | Hypersthendazit, Basalt, Red Cone                       | 61,20 | 36,76 | 2,04  | 4,62 | 6,06 | 0,91             | 11,34 | 3,78  | 1,70 | 3,12 |  |



jüngsten Eruptionen des Wizardtypus leiten einen neuen andesitischen Zyklus ein. Postvulkanische Spuren sind nicht mehr wahrzunehmen.

Die Calderabildung ist nach Diller nicht durch Explosion, sondern



durch Einsinken der höchsten Teile des Vulkankegels bald nach der Eruption der Dazite erfolgt.

Tabelle S. 563 und Abb. 42 zeigt die Entwicklung des Crater-Lake-Magmas vom Basalt zum Andesit bis Dazit, gegeben durch:

$$A = 0,14 Q + 3,40; C = -0,26 Q + 9,60; MgO = -0,32 Q + 10,16; CaO = -0,09 Q + 2,58; FeO = -0,20 Q + 4,30; Mt. = -0,06 Q + 3,60.$$



8 km NO vom Crater Lake folgt der Timberkrater, 2329 m, ein exzentrischer Kegel mit Basaltströmen. In der Kammlinie liegen der ältere Desert Cone, über 2011 m, und der jüngste Red Cone, 2309 m; letzterer hat jedoch seine Tätigkeit noch vor der Zerstörung des Mazama eingestellt, denn zahlreiche Bimssteine und Bomben, die von diesem Vulkan herrühren, finden sich auf seinen Gehängen und im Krater.

Ferner ist zu nennen Crater Peak, 2263 m, war gleichfalls nicht mehr nach dem Mazama tätig. Glacier Peak, 3172 m, ist der Rest eines erloschenen Vulkans, der auf lichtem Granit ruht.

Mt. Pitt, 2975 m, ein regelmäßiger Kegel, ist erloschen, sein Gipfelkrater gegen NO aufgebrochen. Mt. Thielson, 2819 m, ist eine Vulkanruine aus Tuffen und Lavaströmen, mit einem tiefen Krater gegen SO. Union Peak, 2408 m, ein konischer Peak aus fester Lava, dessen Tuffmantel der Erosion zum Opfer gefallen ist. Three Sister, Mt. Scott, 2171 m, und Mt. Jefferson, 3221 m, sind erloschen.

Erst mit dem Mt. Hood, 3584 m, 45° 23' N. Br., 121° 10' W. L., eröffnet sich wieder die Reihe tätiger Feuerschlünde in der Kammlinie des Gebirges, ein vereinzelter Peak mit Resten einer alten Kraterumwallung, die nach S geöffnet ist. 1854 stieß er Rauch aus und förderte Asche. 1859 17. bis 20. Aug.; 1865 Sept. und Okt. lebhafte Fumarolentätigkeit; 1907 28. Aug. plötzliches Abschmelzen der Schneekappe und Anschwellung des White River. Mt. Adams, 3800 m, ist erloschen, das Kegelende fortgesprengt. Tätig ist dagegen der sehr regelmäßige Kegel Mt. St. Helens, 2972 m, 46° 12' N. Br., 122° 10' W. L. Er ist augenscheinlich jünger als der vorige Vulkan. 1841 wird eine Lavaeruption vermeldet, 1842 und 1843 Asche, 1854 Febr. bis April. Daß in der Tat in dem letzten Jahrhundert Lavaströme gefördert worden sind, konnte Jilson an verkohlten Holzabdrücken und Lavamänteln um Baumstämme erweisen.

Mt. Rainier, 4707 m, 46° 52' N. Br., 121° 46' W. L., ruht als vorspringende Bastion des Gebirgskamms auf weißem Granit, der bis zu 2438 m heraufreicht, ein gewaltiger Vulkan mit Eiskappe und großen Lavaströmen. Drei Gipfel krönen das Massiv. Der Hauptgipfel ist ein kreisrunder Kegel mit einem Krater von 400 m Durchmesser. Er soll 1841 und 1843 starke Ausbrüche gehabt haben.

Der letzte der tätigen Vulkane dieser Reihe ist der Mt. Baker, 3290 m, auch er steht über lichtem Granodiorit, 48° 44' N. Br., 121° 46' W. L. Er war 1843 zugleich mit St. Helens tätig, weiter 1854, 1858, 1859, 1860.

Nach Sapper ist die Reihungsdichte 1 : 290. Frequenz und Förderung sehr gering.

Die gründliche Erforschung dieser Vulkanzone läßt noch manches zu wünschen übrig. Die Laven des Mt. Pitt und Mt. Thielson ähneln denen des Crater-Lake-Gebiets (vgl. Tabelle S. 566).



| S. 648 |                                   | L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |
|--------|-----------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------------------|------|-------|------|------|
| X 2    | Hypersthenbasalt,<br>Mt. Thielson | 62,10 | 18,62 | 19,28 | 2,73 | 10,01 | 0,35             | 0,84 | 0,22  | —    | 8,47 |
| X 1    | Hypersthenbasalt,<br>Mt. Pitt     | 69,92 | 10,90 | 19,18 | 3,61 | 10,26 | 1,70             | 0,78 | —0,00 | 3,89 | 1,56 |
| X 14   | Andesit, Mt. Hood                 | 68,28 | 14,36 | 17,36 | 5,49 | 6,09  | 1,44             | 4,09 | 0,79  | 2,41 | 0,98 |
| X 15   | Andesit, Mt. Rainier              | 64,28 | 23,36 | 12,36 | 5,29 | 5,49  | 1,15             | 3,51 | 2,16  | —    | 6,01 |

Nach einer längeren Lücke erhebt sich auf dem Festland Mt. Garibaldi, 2651 m, 64 km nördlich von Vancouver. Seine Lavaströme sind rezent. Die Vulkanzone folgt der Küste oder den vorgelagerten Inseln. Hier werden vermutlich noch mehr jugendliche Ausbruchspunkte zu finden sein.

Nördlich von Vancouver, in 52° N.Br. und 128° 30' W.L., sind auf den Inseln um den Milbank-Sund in jüngster Zeit zehn postglaziale Vulkane entdeckt und von Dolmage beschrieben worden. Zwei auf Bardswell Island, bei St. John Harbour und am Seafort Channel, der dritte auf Lake Island, am Mathiew Channel, der vierte auf Lady Island, vier weitere auf der Nordküste der Price-Insel. Auf der Swindle-Insel weisen die Kittsa Hills frische Lavaströme auf, endlich am Laredosund. Die Laven sind Andesite und Basalte.

Auf der Denny-Insel fand sich ein saurer Ägirin und Riebeckit führender Obsidian, ein Comendit (vgl. S. 660) mit den Parametern:

| L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt |
|-------|-------|-------|------|-------|------------------|------|------|------|----|
| 53,12 | 14,50 | 32,18 | 8,23 | —1,59 | 3,11             | 0,14 | 0,41 | 1,93 | —  |

Ein junger Ausbruchspunkt liegt in Britisch-Columbien, am Naß River, 61 km von seiner Mündung in den Portland Inlet. Basaltische Lavaströme, die höchstens 200 Jahre alt sind, haben den Lava Lake abgedämmt.

Auf der Nordspitze der Prince-of-Wales-Insel oder Biberinsel (Grewing) wird Mt. Calder, 56° 15' N.Br., 133° 30' W.L., als tätiger Vulkan genannt, der 1775 einen Ausbruch gehabt haben soll, doch ist diese auf Antonio Maurelle zurückgehende Angabe mit großer Vorsicht aufzunehmen.

Mt. Edecumbe (St. Lazaro), 815 m, auf der Insel Kruzof im Alexander-Archipel, 58° N.Br., 135° 30' W.L., ist ein vulkanischer Kegel aus Basalt und Andesit, der einen Krater von 1,3 km Durchmesser und 74 m Tiefe besitzt. Nach Hoffmann stand er 1796 in Flammen, eine Angabe, die Grewink von den Eingeborenen nicht bestätigt fand. Die Nachbarinsel Baranof besitzt jedenfalls noch heiße Quellen.

In der Gegend des Atlinsees soll nach Kinslowe von einem nicht



näher bekannten Vulkan im Okt. 1898 ein Aschenausbruch erfolgt sein. ( $59^{\circ} 15' \text{ N. Br.}, 133^{\circ} 30' \text{ W. L.}$ ).

Endlich soll 1790 der Coast Krater im Chugatsch Golf oder Prince Williamssund,  $61^{\circ} \text{ N. Br.}, 146\text{--}149^{\circ} \text{ W. L.}$ , einen Ausbruch gehabt haben.

### 3. Die Wrangellvulkangruppe.

Die Wrangellvulkane liegen in einem streichenden Graben zwischen Alaska und Chugatschgebirge, sie schließen das Copper-River-Basin gegen Osten ab. Dieser Graben setzt sich gegen Westen in Cook Inlet und die Shelikofstraße fort. Aus diesem Grund müssen diese Vulkane als selbständige Gruppe von der Alaskavulkanreihe abgetrennt werden.

Schon das Skolaigebirge besitzt eine größere Anzahl jugendlicher Vulkankegel, vom Mt. N a t a z h a t,  $61^{\circ} 30' \text{ N. Br.}, 141^{\circ} 30' \text{ W. L.}$ , stammen die weißen Aschenlagen zwischen der Humusdecke. Mt. R e g a l, 4084 m,  $62^{\circ} 41' \text{ N. Br.}, 142^{\circ} 56' \text{ W. L.}$ , ist, wie sein großer Nachbar, Mt. B l a c k - b u r n, 4919 m,  $61^{\circ} 41' \text{ N. Br.}, 143^{\circ} 29' \text{ W. L.}$ , erloschen. Mt. C h e c h i t n o oder Tschetschina wird von Becker mit Blackburn identifiziert. Die Angaben eines Ausbruchs von 1760 und 1784 beruhen wohl auf Verwechslung. Blackburn tritt am weitesten gegen das Tal des Chitina River vor und ist von allen Seiten von der Erosion angegriffen. Das aktive Zentrum der ganzen Gruppe ist der Mt. W r a n g e l l, 4269 m,  $62^{\circ} \text{ N. Br.}, 144^{\circ} \text{ W. L.}$ , ein runder, schneebedeckter Dom, mit einer Basis von 40 km Durchmesser und mäßiger Böschung. Die Erosion hat den Berg nur wenig angegriffen. 1819 hatte er einen schweren Ausbruch, 1864 und 1907 April und Mai.

Mt. J a r v i s, 3749 m,  $62^{\circ} 1' \text{ N. Br.}, 143^{\circ} 37' \text{ W. L.}$ , ist der erloschene östliche Nachbar vom Wrangell. Ein Rücken führt zum höchsten Gipfel der ganzen Gruppe, dem Mt. S a n d f o r d, 4938 m,  $62^{\circ} 17' \text{ N. Br.}, 144^{\circ} 17' \text{ W. L.}$  Der Pik besitzt die Form eines Zuckerhuts, auf der SW-Seite steigt er steil mit einer Böschung von  $60^{\circ}$  an, die N- und NW-Seite ist sanfter. Die glaziale Erosion hat die Gipfelregion zur Hälfte zerstört. Der westliche Gipfel der Gruppe ist Mt. D r u m, 3658 m,  $62^{\circ} 4' \text{ N. Br.}, 144^{\circ} 40' \text{ W. L.}$ , er steht isoliert vorgeschoben und hat seine ursprüngliche Gestalt verloren.

Die ganze Gruppe dürfte nahezu gleichzeitiger Entstehung sein. Die Konstanten der Wrangell-Laven geben folgende Tabelle:

Wrangellvulkangruppe.

| S. 664 |                             | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |
|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| XII 17 | Hornblendeandesit, Mt. Drum | 65,96 | 15,76 | 18,28 | 5,72 | 5,05 | 1,17             | 5,06 | 1,56 | —    | 2,52 |
| XII 10 | Andesit, Mt. Wrangell       | 63,56 | 22,12 | 14,32 | 5,21 | 5,47 | 0,95             | 5,57 | 1,65 | 3,31 | 1,06 |



#### 4. Der Alaska-Aleuten-Vulkanbogen.

##### a) Alaskavulkane.

Über der Halbinsel Alaska und weiter über den Inselbogen der Aleuten erstreckt sich über 28 Längengrade ein Vulkanbogen mit einer Geschlossenheit und Besetzungsdichte, die ohne Beispiel dasteht. Der Bogen beginnt im Flachland des unteren Yentna River, mit dem nördlichsten Vulkan der Reihe, dem Mt. Yenlo, ca. 1000 m. An seinem Fuß befinden sich große Massen Bimsstein. Der Vulkan liegt in  $62^{\circ} 8' \text{ N.Br.}$ ,  $151^{\circ} 15' \text{ W.L.}$  Der erste tätige Berg ist Mt. Redoubt (Yjakushatsch, Ujakushatsch), 3108 m,  $60^{\circ} 29' \text{ N.Br.}$ ,  $153^{\circ} 8' \text{ W.L.}$  1819 rauchte er und förderte am 18. Jan. 1902 Asche. Aschenregen fiel über die Gegend vom Clarkesee bis ins Skwentnatal. (Martin und Katz U. U. Geol. Surv. Bull. 485, 1912. S. 94.) Mt. Iliamna (Ilämän), 3053 m,  $60^{\circ} 4' \text{ N.Br.}$ ,  $153^{\circ} 6' \text{ W.L.}$ , ist in der Hauptsache solfatarisch tätig, so in den Jahren 1768, 1778, 1779, 1786, 1793, 1843, 1876, 1895; in dieser Zeit hat seine Asche den Wald auf hunderte Quadratmeilen vernichtet (Sapper). Nach Martin sind Dampfsäulen das einzige Lebenszeichen des Vulkans und Ausbrüche nicht sicher nachweisbar. Es wird sich schwer entscheiden lassen, von welchem der beiden Vulkane die Verwüstungen ausgegangen sind. Auf einer Insel in Cooks Inlet erhebt sich der Inselvulkan St. Augustin, 1158 m,  $59^{\circ} 21' \text{ N.Br.}$ ,  $153^{\circ} 26' \text{ W.L.}$ , den Becker zuerst bestiegen hat. 1880 war er ein niedriger Inseldom. 1883 begann er zu rauchen und am 6. Okt. sprengte eine gewaltige Explosion die eine Schulter des Kraterrandes fort; eine verheerende Flutwelle wurde ausgelöst. Es fiel reichlich Bimsstein. Eine neue Insel, 22 m hoch und 2,5 km lang, hatte sich gebildet. Becker fand 1896 einen Sekundärkegel und einen Lavastrom auf der NW-Seite hervorgebrochen. Der Krater hatte 366 m Durchmesser und fiel mit fast senkrechten Wänden 200 m tief ab. Die neue Insel war verschwunden. Auch 1902 war der Berg tätig. Die Lava ist ein trachytisch rauher Pyroxenandesit.

Mt. Douglas besteht aus einer Granitbasis. Nach Fenner (Journ. Geol. 34, S. 686) ist auch er ein Vulkan, der nach mündlichen Mitteilungen des Topographen Mr. R. H. Sargent 1923 Rauch ausgestoßen hat. Fenner nennt weiter Fourpeaked Mountain und Mt. Kugag als linear angeordnete Essen, die in der Linie auf den Katmai führen.

##### Der Katmai.

Der Katmai, der durch seinen großen, unter ungewöhnlichen Umständen sich abspielenden, Ausbruch im Jahre 1912 als Eruption eines rhyolithischen Magmas in der Gegenwart berühmt geworden ist, gehört der Hauptreihe an. Sie führt vom Katmai, 2124 m,  $58^{\circ} 16' \text{ N.Br.}$ ,  $154^{\circ} 52' \text{ W.L.}$ , zum drei-



gipfligen Tridentvulkan, 1853 m, Mageikvulkan, 2210 m, zum Martinvulkan, 1800 m, 58° 10' N.Br., 155° 22' W.L. Nur der letzte



Abb. 43. Karte des Katmaigebiets nach Fenner.

rauchte stark 1912, während Trident Fumarolen aushauchte. Vom Katmai gegen NW zweigt sich ein Querspaltensystem ab, das den Knif Peak und den Mt. Ikagluik trägt. Auf dem SW-Hang jener Nebenreihe öffnet sich in gleicher Richtung das 3—4 km breite und 16 km lange



Tal der „Zehntausend Rauchstellen“, in 500—600 m Meereshöhe. Griggs nannte das Querspalstensystem „Naknekspalte“.

Den Untergrund bildet die „Naknekformation“, Schiefer, Sandsteine und vulkanisches Material = oberer Jura, 1500 m mächtig; sie liegt fast horizontal und fällt im Südosten der Vulkanzone mit 10—15° gegen die Shelikofstraße ab, ferner granodioritische Tiefengesteine.

Die große Eruption des Jahres 1912 hatte keine unmittelbaren Augenzeugen, aber dank der gründlichen Untersuchungen von Allen, Fenner, Griggs, Martin, Tams und Zieß läßt sich ein anschauliches Bild des Hergangs und ihres Mechanismus gewinnen. Der Katmai hat in postglazialer Zeit noch basische Andesitlavaströme von 500—600 m Mächtigkeit gefördert, sie liegen auf glazialen Sanden. Ältere geschichtliche Eruptionen sind nicht bekannt. Vor der Eruption besaß der Vulkan eine Höhe von 2286 m. Das Tal der „Zehntausend Rauchstellen“ war eine sumpfige, mit dichtem Wald bestandene Talebene.

Am 4. und 5. Juni 1912 nahm man in der Gegend heftige Erdstöße im Umkreis von 100—200 km wahr. Am 5. Juni begann eine heftige Gasentwicklung, die sich am folgenden Tag zu Explosionen steigerte. Der Hauptparoxysmus setzte am 6. Juni um 13 Uhr bis 23 Uhr 4 mittlerer Greenwicher Zeit ein, zugleich mit einem Erdbeben in der Coldbai, 80 km SW vom Vulkan. Eine zweite gewaltige Explosion fand um 15 Uhr statt, dann wieder um 21 Uhr. Am 7. Juni 9 Uhr 4 mittlerer Greenwicher Zeit fühlte man in der Coldbai ein starkes Erdbeben und beobachtete in Katanak hellen Lichtschein, also auch eine Explosion. Nach 22 Uhr trat das heftigste Beben ein und intensiver Lichtschein aus der Richtung des Katmai wurde gesichtet. In Katanak hörte man schweres donnerartiges Rollen, das man wohl mit einem großen Erdrutsch in Zusammenhang bringen darf. Am 8. Juni geht das explosive Stadium seinem Ende entgegen, so daß dieses vulkanische Ereignis, das zu den größten Katastrophen der geschichtlichen Zeit gezählt werden kann, sich eigentlich in erstaunlich kurzer Zeit abgespielt hat. Es folgten noch zahlreiche kleinere Explosionen und Erdstöße bis in die Mitte des Oktobers.

Als die Erforschungsexpedition das Katmaigebiet besuchte, fand sie folgendes Bild: Zunächst hatte der Katmai 162 m an Höhe verloren. Ein Pitkrater von Calderengröße mit 3,2—4,0 km Durchmesser war an Stelle des verschwundenen Gipfels getreten, 600—1100 m fallen die Kraterwände fast senkrecht, mit 60—70°, ab. Die halbe Fläche des Kraterbodens nimmt einen grünen, opalisierenden See ein, ein Schlackenkegel erhebt sich über dem Kraterboden. Vereinzelte Klippen überragen den Kraterand, z. B. die Reste eines alten Eruptivganges von Säulenbasalt um 60—90 m. Eine andere Klippe bestand aus Eis und erwies sich als das abgebrochene Oberende eines Hängegletschers. Auf der W-Seite umgibt



ihn bis zu zwei Drittel des Umfangs eine Eiswand. Die Kraterwände sind von Folgen von Lavaströmen und Tufflagen aufgebaut. Auf der Nordseite des Falling Mt. hatte sich durch einen Bergrutsch eine 600 m hohe Steilwand gebildet. Die Blocklawine muß eine der ersten Folgen des Ausbruchs gewesen sein.

Im oberen Tal an der Nordwand des Falling Mt. hatte sich zuerst eine kleine Bocca geöffnet, die während der Haupteruption zu einem aktiven Vulkan sich auswuchs, der große Mengen Bimsstein und Bomben, die viel größer als die des Katmai waren, lieferte. Ein Projektil von 2,5 m Durchmesser war 400 m weit geflogen. Zuletzt quoll eine zähflüssige, glasige Masse langsam empor, zersprang in ungeheure Blöcke. Die Staukuppe rauchender Lava-Blöcke glich einem gewaltigen Aschenhaufen von 245 m Durchmesser und 60 m Höhe, sie war von einem Kraterwall aus Bimsstein und Obsidian umgeben, auch aus der Tiefe heraufgeholte Blöcke von mergligen Schiefen und Sandsteinen des oberen Jura, ferner dichte Andesite befanden sich darunter, auch Brotkrustenbomben plastischen Glases. Sie ist wohl die ansehnlichste Quellkuppe, die man kennt.

Das Tal der „10000 Dämpfe“ war von einer gewaltigen Aschen- und Bimssteinschicht zugeschüttet. Die Aschenlagen erlangten stellenweise bis zu 100 m Mächtigkeit. An der Stelle des Waldes fand man ein ausgedehntes Solfataren- und Fumarolenfeld. Tausende von Exhalationsstellen sind entweder auf langen Spalten oder als selbständige, isolierte oder gruppenweis gehäufte Gebilde angeordnet. Die letzteren sind die aktivsten Stellen, sie haben sich kleine Kraterwälle von 30 m Durchmesser mit steil konischen Trichtern geschaffen. Die Spalten laufen in Bündeln den Talrändern parallel oder kreuzen in unregelmäßigen Zickzacklinien als Querspalten das Tal. Diese Spalten hauchen die Hauptmasse der Dämpfe aus. Grell gefärbte Bänder machen die Dampflinien von weitem kenntlich. Die Schlammtöpfe und Schlammfelder sind nicht zu zählen.

Die Gegend im Umkreis von 2,5 km um den Novaruptavulkan, die Flanken der Baked Mt., Brocken Mt., Falling Mt. und die niedrigen Gehänge von Trident bilden die aktivste Region. Die Temperaturen der Fumarolen schwanken zwischen 645° und 100°.

49% besaßen eine Temperatur von 50—200°. Die Fumarolen von 100° sind von lockerem Bimssteinmaterial umgeben, das durch Eisenoxyd rot gefärbt ist, die Schlammtöpfe sind von amorphem Ferrosulfid schwarz bis braunrot gefärbt, oder gelb durch Pyrit. 27% zeigten Temperaturen von 200—300°. Bei höheren Temperaturen beginnt der Tuff zu zementieren, er färbt sich rotbraun durch  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , orange durch  $\text{FeCl}_3$ , weiß durch  $\text{NH}_4\text{Cl}$  und  $\text{SiO}_2$ , hinzu kommen Salze der Gesteinsbasen, Schwefel und Arsensulfid. 13% der Fumarolen hatten 300—400°, 7% 400—500° und 4% 500—650°. Etwa 99,8% der Exhalationen besteht

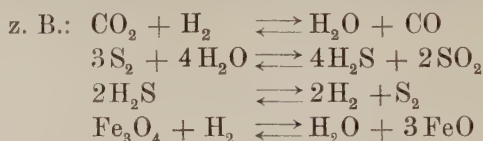


aus Wasserdampf. Dieses Wasser ist nicht nur juveniler, sondern zum großen Teil vadoser Entstehung. Weiter ließen sich in den Exhalationen  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCl}$  und andere Gase nachweisen, z. B.  $\text{HF}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ . Das Verhältnis  $\text{H}_2\text{S}:\text{HCl}:\text{HF} = 29:117:32$ , erstaunlich viel Fluor, wurde gefunden. Dagegen war das Mengenverhältnis Argon zu Stickstoff  $= 0,0125$ , also nahezu gleich dem Luftverhältnis 0,00188. Unter den Exhalationsprodukten seien noch Asphalt und schwere Öle genannt.

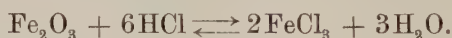
Die Analyse der Gase des Katmai von E. T. Allen und R. G. Zies Nat. Geogr. Soc. Contrib. Techn. Pap. Washington 1923 (Z. f. V. VIII, 1924—25, S. 35) ergab folgendes Resultat:

|   | Vol. %  |
|---|---------|
| $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .              | = 99,82 |
| $\text{CO}_2$ . . . . .                     | = 0,097 |
| $\text{O}_2$ . . . . .                      | = 0,002 |
| $\text{CO}$ . . . . .                       | = Sp.   |
| $\text{CH}_4$ . . . . .                     | = 0,015 |
| $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2$ . . . . . | = 0,024 |
| $\text{N}_2 + \text{A}$ . . . . .           | = 0,041 |

Die ursprünglichen Gase verändern ihre chemische Zusammensetzung beim Abströmen und Abkühlen. Die Gasgleichgewichte verschieben sich.



Der exotherme Verlauf aller dieser Reaktionen geht von rechts nach links. Von links nach rechts dagegen bei der Reaktion



Mit sinkender Temperatur verarmen die Exhalationen an starken Säuren. Im übrigen fand Fenner Devilles Gesetz am Katmai nicht bestätigt. Sauerstoff verrät stets die Beimengung atmosphärischer Luft, da er bei den hohen Temperaturen nicht neben anderen Gasen bestehen kann. In den Inkrustationen um die Fumarolenaustrittsöffnungen konnten ferner Ag, Pb, Cu, Sn, Mo, Zn nachgewiesen werden.

Die Bimssteine und Gläser des Rhyoliths des Tales der „10000 Rauchstellen“ enthielten Spuren dieser Metalle. In größeren Mengen fand sich in den Spalten Magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , der aus den Fumarolengasen stammt. Auch er enthielt die obigen Metalle in Spuren.

Außerdem ließen sich in den Inkrustationen noch nachweisen: Tl, Ga, As, Sb, Bi, Cd in Mengen von 0,002% und weniger.

Für die Erklärung des Eruptionsmechanismus ist zunächst die Fest-



stellung von grundlegender Bedeutung, daß die Bimssteinablagerungen des Tales der „10000 Rauchstellen“ nicht aus dem Katmai herrühren können. Griggs hatte sie anfänglich als Ablagerungen von Schlammströmen gedeutet, bis Zies zeigen konnte, daß es sich um sehr heiße, trockene Staubmassen von vulkanischem Sand und Bimsstein nach Art der Glutwolkenablagerungen handle, die nicht hoch in die Luft geschleudert worden sind, sondern sich auf die Taldepression beschränkten und sich dort als Sandstrom bewegten. Die heiße trockene Sandlawine hat die eingeschlossenen Pflanzen verkohlt, die Bäume am Ufer des Sandstroms sind geknickt und umgeweht. Wenn diese Ablagerungen von einer Glutwolke herrühren, die vom Katmai ihren Ausgang genommen hätte, so wäre es nicht zu verstehen, daß sie an dem Gletscher am Hang des Katmai, über den sie hinweggehen mußte, keine sichtbaren Spuren hinterlassen haben sollte, auch noch andere Hindernisse hätten ihr im Wege gestanden. Dieses Material kann demnach seinen Ursprung nur im Tal selbst haben und aus den Öffnungen herausgekommen sein, die noch jetzt die Dämpfe herauslassen. Die Bimssteinablagerungen sind durch Katmaiasche später allerdings zum Teil überschüttet worden, so dass der Untergrund stark verhüllt ist. Die Spalten haben sich zuerst gebildet, entweder durch Gebirgsdruck oder durch den hydrostatischen Druck bei der Intrusion eines Sills unter dem Boden des Tales. Der Novaruptavulkan ist nichts anderes als eine solche Spalte, aus der sich besonders große Mengen Magma befreien konnten, daß sich dadurch seine Austrittsöffnung zu einem zylindrischen Förderschlot erweiterte.

Die Caldera des Katmai ist nach Fenner nicht ausgeblasen worden, das ausgeworfene Material ist nämlich von auffallend kleinen Dimensionen. Die Hauptmasse besteht aus Bimsstein. Der alte Andesit findet sich darunter nicht in dem Anteil, der zu dem verschwundenen Teil des Berges in irgendeinem Verhältnis steht. Wo ist das Material geblieben? Entweder das alte Gestein ist von dem neuen Magma assimiliert oder durch Einsinken im Krater verschwunden. Das neue saure Magma drang im Katmaikrater langsam auf, löste die alten Andesite und Basalte auf und bildet einen Feuersee, in dem das Magma mit dem fremden Gestein in Berührung bleiben konnte.

Die mikroskopische Untersuchung spricht zugunsten dieser ersten Deutung. In dem sauren Magma finden sich nämlich die Einsprenglinge der Kraterandesite, Magnetit, Hornblende, Augit, basischer Plagioklas in verschiedenen Stadien der Auflösung und Korrosion, während die glasige Grundmasse völlig assimiliert ist. Die Einsprenglinge des neuen Magmas dagegen sind Quarz und saurer Plagioklas, sie finden sich nur im reinsten rhyolithischen Bimsstein und waren auskristallisiert, als das Magma im Krater aufdrang.



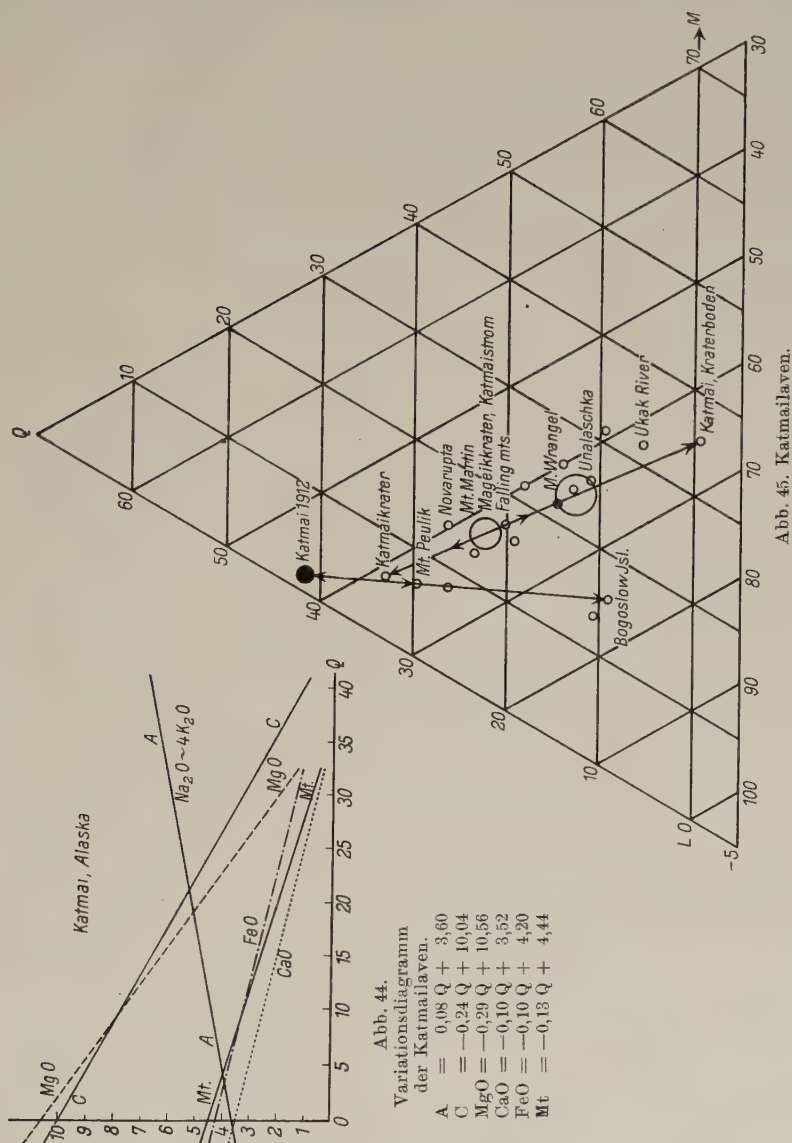
Die eingehende mikroskopische Untersuchung der Katmaiauswürflinge bringt Licht in den Mechanismus der Auflösung und Verdauung des fremden Materials durch den sauren Rhyolith. In einer Entfernung von 12—16 km haben sich gutgeschichtete Lagen aus grauen Bimssteinstücken von 7—10 cm Größe abgelagert. In diesen Tuffen findet man gebänderten, schlierigen Bimsstein, Obsidian, Andesit, Schiefer, ferner eine Art vulkanischen Konglomerats. Derselbe gebänderte Bimsstein kommt auch in dem Sandstrom des Tales der „10 000 Rauchstellen“ vor. Dieser schlierige Bimsstein ist eine Mischung von saurem und basischem Material. Die hellen sauren Schlieren zeigen 74,70%  $\text{SiO}_2$  und gehören dem neuen rhyolithischen Magma an, die dunklen dagegen dem alten Katmaiesandesit mit 60,40%  $\text{SiO}_2$ . Daß keine völlige Durchmischung eingetreten ist, beweist, daß das Magma des Feuersees nicht in turbulenter Bewegung sich befand und daß die Auflösung des fremden Materials erst nach dem Aufsteigen des Magmas im Katmaieschlote erfolgte. Das rhyolithische Magma wurde also nach eingetretener Druckentlastung nicht sogleich ausgeblasen, sondern stieg als Flüssigkeit auf und stand eine Weile mit dem fremden Material des Kraters in Kontakt und brachte den erforderlichen Wärmeüberschuß mit, um die Kratergesteine zu assimilieren. Die mikroskopische Untersuchung zeigt also einwandfrei, daß das neue rhyolithische Magma Andesite resorbiert hat und dadurch zu einem inhomogenen syntektischen Magma geworden ist.

Eine andere auffallende Erscheinung ist, daß die Andesite, Schiefer und das andere dichte Material fast nie im Bimsstein eingeschlossen sind, nur die Andesiteinsprenglinge finden sich in ihm, dagegen kommen alle diese Einschlüsse reichlich im Obsidian vor. Wo man diese fremden Auswürflinge lose findet, weisen sie Spuren von Korrosionen und anhaftendem Obsidianglas auf. Sie waren also auch einmal im Obsidianmagma eingetaucht. Obsidian und Bimsstein können nur aus demselben Feuerpfuhl im Katmaikrater stammen. Die heftige Explosion muß also den kalten, halbflüssigen Bimsstein von den unverdauten Andesitfragmenten und dem anderen fremden Material nahezu quantitativ getrennt haben, indem diese verschiedenen Substanzen verschieden gegenüber der Explosion reagierten. Die Andesitfragmente zeigen deutlich Bruchspuren der Explosion. Die einschlußreichen Obsidianstücke wird man als erstarrte Krustenpartien des Lavapfuhls auffassen dürfen, während der konglomeratische Obsidian mit einer halb glasigen, halb bimssteinartigen Grundmasse aus dem Oberflächenschaum des Feuersees herrührt.

Graniteinschlüsse aus dem tieferen Untergrund sind sehr selten, die Andesite ungleich häufiger als die Schiefer. Der Sitz der Explosion, die den Obsidian in Bimsstein umwandelt, ist daher über dem Granitniveau, also dicht an der Oberfläche, zu suchen.



Das sind die Gründe, die Fenner zu dem Schluß führten, daß die halbverdauten und unverdauten Andesitfragmente der Aschenablagerungen



das Material der verschwundenen Gipfelpartien des Katmai darstellen. Bei der Auflösung im Feuerpfuhl des Katmaikraters spielen die Unterschiede der chemischen Zusammensetzung und die Porosität der Andesite eine bedeutsame Rolle. Die glasige andesitische Grundmasse erweicht bei der Berührung mit dem heißen Obsidianmagma zuerst. Lavazungen des Obsidians schneiden Andesitstücke aus den Kraterrändern heraus, diese



schwimmen fort, werden von dem neuen Magma umhüllt. Die Porosität der Andesite ist dem Eindringen und Angreifen der Gase förderlich. Sie ist z. T. eine primäre, z. T. nachträglich durch Auflockerung durch Kraterfumarolen erworben. Die Gase haben nun gewissermaßen die Andesite emulgiert, so daß ein Brei aus den höher schmelzenden Einsprenglingen der Kraterandesite in einer dunklen Grundmasse entstand.

Die im neuen Obsidianmagma enthaltenen Gase werden aber nicht sogleich explosionsartig entbunden. Das rhyolithische Obsidianmagma besaß anfänglich keine große Dampfspannung. Erst in dem Maße, wie die Auskristallisation fortschreitet, steigt die Innenspannung schnell an, so konnte das neue Magma eine Zeit lang unter den neuen Bedingungen der Druckentlastung stehen, bis die explosive Gasentbindung eintrat.

Der reine Bimsstein enthält Einsprenglinge von saurem Plagioklas und Quarz, die noch vor der Extrusion auskristallisierten. Aus dem Umwandlungspunkt von Tridymit in Quarz bei  $870^{\circ}$  geht hervor, daß die Temperatur des Rhyoliths bei Berücksichtigung höherer Drucke höchstens hundert Grad höher war, sicher nicht über  $1000^{\circ}$  betragen hat. Diese Temperatur reicht kaum aus, um die Andesite in größeren Mengen aufzuschmelzen. Zur Bildung eines Lavasees mit erheblichen Einschmelzeffekten muß die Temperatur der Obsidiane aber sehr viel höher gewesen sein, etwa  $1200$ — $1300^{\circ}$ . Andererseits zeigt das Fehlen einer vollkommenen Durchmischung einen geringen Grad der Beweglichkeit, große Viskosität und damit tiefere Temperaturen an. Es will mir scheinen, daß sich diese beiden Forderungen nicht recht vereinigen lassen. Weiter findet man keine Antwort auf die Frage, warum der Obsidian des Staukegels der Novarupta nicht auch zu Bimsstein explodiert ist? Sollte sich nicht vielleicht der Vorgang so abgespielt haben, das anfänglich überhitzte Obsidianmagma drang auf, assimilierte und kühlte sich dabei schnell ab, erstarrte zu Obsidian, ein weiterer späterer Zustrom heißer Gase aus der Tiefe erhitzte den Obsidian wieder bis zum Explosionspunkt und verwandelte ihn in Bimsstein. Bei der Novarupta blieb wegen Verstopfung der Gaszustrom aus?

Zusammenfassend kann also festgestellt werden:

Der Ausbruch des Katmai im Jahre 1912 ist auf die Intrusion eines sauren rhyolithischen Magmas nahe der Oberfläche in Gestalt eines fast horizontalen Lagerganges, Sills, oder ähnlichen Lakkolithen unter dem Boden des Tales der „10 000 Rauchstellen“, zurückzuführen.

Dieses Magma gewann auch einen Ausweg nach außen: 1. im Feuersee des Katmaikraters; 2. im neuen Vulkan Novarupta, der zuerst explosiv tätig war, dann eine Staukuppe von zähflüssigem Obsidian bildete, dieser Schlot ist nur eine zum Förderkanal erweiterte Stelle über einer der zahlreichen Spalten; 3. in der Ausstoßung der Bimssteinmassen als Glutwolke im Tal der „10 000 Rauchstellen“ aus den zahllosen Spalten.



Die Bildung der Spalten hängt mit der Intrusion zusammen. Durch die Intrusion wurde zuerst der Talboden gehoben, wie man an der Bildung der Terrassenstufe der „high sand mark“ erkennen kann, dann trat eine Senkung von 60 m ein.

Faßt man alle diese Erscheinungen zu einer Einheit zusammen, so ist in diesem Falle ein flächenhafter Magmaaustritt erfolgt, in gewissem Sinne also eine „Arealeruption“. Freilich kam es nicht zu einer völligen Entfernung des Lakkolithendaches, sondern nur zu einer Zerrüttung des Hangenden. Trotzdem sind die geförderten Mengen vulkanischer Lockersubstrate sehr groß gewesen. Griggs veranschlagt sie zu 21 cbkm.

Die Verbindung von Intrusion und flächenhafter Extrusion, die Förderung eines sauren rhyolithischen Magmas in der Gegenwart, die Gewalt des Paroxysmus und der schnelle Ablauf geben der Katmaieruption ihre besondere Bedeutung.

Der Ausbruch wurde ferner von starken Erdbeben begleitet. Da der Sitz vulkanischer Explosionen gewöhnlich sehr nahe der Oberfläche zu suchen ist, werden sie im Gegensatz zu tektonischen Beben nicht als Fernbeben registriert. Die Katmaibeben machen wie das Sakurajimabebe eine Ausnahme. Die folgende Zusammenstellung zeigt die Untersuchungsergebnisse Tams. Er deutet die Beben als kombiniert tektonisch-vulkanische. Irgendwelche Verwerfungen oder Bodenbewegungen haben, mit Ausnahme der oben erwähnten, sich in der unmittelbaren Nähe des Katmai sonst nicht nachweisen lassen. So glaubt Fenner einen inneren Zusammenhang zwischen dem tektonischen Beben und dem Ausbau nicht anerkennen zu können und hält an dem prinzipiellen Unterschied zwischen tektonischen und vulkanischen Beben fest, deren zeitliches Zusammentreffen nur zufällig ist.

Die Gesteine der Katmairegion sind Basalte, vor allem Andesite. Die nachfolgende Tabelle S. 579 gibt ihre Konstanten.

Auf den Katmai folgt zwischen dem Bescharov und Ugaschiksee der vor nicht langer Zeit erloschene Vulkan Peulik, 1500 m, dann in 57° 2' N.Br., 156° 47' W. L. der alte Krater Chiginagak und endlich, eine größere Lücke ausfüllend, der große Aniakchakkrater, ein an das schwäbische Rieß erinnerndes Gebilde, in 57° N. Br., 158° W. L. 1922 entdeckten Sargent und Smith diese große Caldera mit 9 : 11 km Durchmesser; mit fast senkrechten Wänden fällt der Kraterrand 350—900 m ab. Die tiefste Stelle des Kraterbodens liegt in 335 m Meereshöhe, der blaugrüne Lake Surprise nimmt sie ein. Aus dem Boden wachsen mehrere Schlackenkegel und ein Zentralkegel von 670 m Höhe. Im Osten hat der Aniakchak River in den Gates den Kraterrand durchsägt und ein Profil freigelegt. Der vulkanische Unterbau des Kraters ist unbedeutend und steht zur Größe der Caldera in keinem Verhältnis. Die Kraterwände be-



## Alaskabeben 1912, nach Tams.

| Nr. | Datum    | M. Gr. Z. | Amplit.           | Dauer          | Breite               | Länge                 | Lage des Epizentrums                            | Wahrgenommen von:   |
|-----|----------|-----------|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------|---|---|
| a   | 6. Juni  | 23,4 h    |                   |                |                      |                       | Hauptexplosion des Katmai                       |   |
| b   | 7. Juni  | 1 h       |                   |                |                      |                       | 2. Explosion des Katmai                         |   |
| c   | 7. Juni  | 9 h       |                   |                |                      |                       | 3. Explosion des Katmai                         |   |
| 1.  | 7. Juni  | 9 h 56'   | 18—21 $\mu$       | 18,4—32,0 Sek. | 58,6° N              | 156,9° W              | Halbinsel Alaska, bei Nagnek, 100 km WNW Katmai | Granada, Jena, Ottawe, Pulkovo, Zikawei (Shanghai)                          |
| 2.  | 7. Juni  | 12 h 23'  | 7—8 $\mu$         | 18—24 Sek.     | 56,8° N              | 158,9° W              | Halbinsel Alaska, 250—300 km SW Katmai          | Ottawa, Pulkovo, Zikawei  |
| 3.  | 7. Juni  | 18 h 24'  | 17—23 $\mu$       | 17—20 Sek.     | 59° N                | 147° W                | Golf von Alaska, 450—500 km ONO Katmai          | Granada, Irkutsk, Jena, Straßburg, Tiflis, Zikawei                          |
| 4.  | 8. Juni  | 7 h 36'   | 42—52 $\mu$       | 16,4—18,4 Sek. | 58,4° N              | 157,2° W              | Halbinsel Alaska, 100 km W Katmai               | Jena, Osaka, Ottawa, Pulkovo, Sitka   |
| 5.  | 8. Juni  | 8 h 48'   | 22—25 $\mu$       | 16—19 Sek.     | 58,2° N              | 158,0° W              | Im Meere bei Ugnak, 150 km W Katmai             | Granada, Ottawa, Pulkovo  |
| 6.  | 8. Juni  | 12 h 59'  | 18—23 $\mu$       | 21—24 Sek.     | 58,6° N              | 152° W                | Shellkoffstraße, 150—200 km O Katmai            | Irkutsk, Pare St. Maur (Paris), Pulkovo, Zikawei                            |
| 7.  | 9. Juni  | 17 h 14'  | 4—9 $\mu$         | 17—18 Sek.     | 56° N                | 156,5° W              | Halbinsel Alaska, im Meer, 250 km S Katmai      | Irkutsk, Ottawa, Pare St. Maur, Pulkovo                                     |
| 8.  | 10. Juni | 16 h 06'  | 53—82 $\mu$       | 17—18,8 Sek.   | 55,4° N              | 154,7° W              | Insel Kadiak, 300 km S Katmai, Aleutengraben    | Irkutsk, Ottawa, Pare St. Maur, Pulkovo, Zikawei                            |
| 9.  | 12. Juni | 7 h 04'   | 7—11 $\mu$        | 18,6—30,0 Sek. | 58° N                | 153° W                | Kadiak, 120 km O Katmai                         | Irkutsk, Jena, Osaka, Pulkovo   |
| 10. | 7. Juli  | 7 h 57'   | 202 bis 616 $\mu$ | 82—31 Sek.     | 62° N                | 152° W                | Mc. Kinlay Range, 370 km SW Fairbanks           | Granada, Hamburg, Osaka, Ottawa, Pare St. Maur, Pulkovo, Zikawei            |
| 11. | 8. Juli  | 21 h 54'  | 14—28 $\mu$       | 21,2—36,8 Sek. | 62 $\frac{1}{2}$ ° N | 148 $\frac{1}{2}$ ° W | 260 km S Fairbanks                              | Granada, Hamburg, Irkutsk, Osaka, Ottawa, Pulkovo, Straßb., Tiflis, Zikawei |



| S. 662 - 665 | Katmaigebiet   | L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|--------------|--|-------|-------|-------|------|-------|------------------|-------|-------|------|------|
| I 8          | Rhyolithbimsstein, Katmai 1912                             | 56,74 | 1,82  | 41,44 | 6,47 | 1,20  | 2,11             | 0,0   | -0,18 | 0,72 | 0,38 |
| I 9          | Rhyolithbimsstein, Katmai 1912                             | 57,02 | 1,76  | 41,22 | 6,58 | 1,07  | 2,18             | 0,0   | -0,14 | 0,64 | 0,40 |
| I 5          | Geröll, Südrand, Katmaikrater                              | 61,08 | 5,96  | 32,96 | 6,32 | 2,63  | 1,79             | 1,07  | 0,34  | 1,25 | 0,64 |
| II 8         | Dazit, Mt. Peulik  | 64,08 | 6,14  | 29,78 | 6,06 | 3,90  | 1,69             | 1,40  | 0,51  | 0,35 | 1,65 |
| II 9         | Dazit, Mt. Peulik  | 65,24 | 8,14  | 26,62 | 5,92 | 4,47  | 1,60             | 2,34  | 0,64  | —    | 2,08 |
| I 14         | Andesitgeschiebe, Endmoraine Mt. Mageik                    | 61,12 | 15,24 | 23,64 | 5,19 | 4,90  | 1,30             | 4,15  | 1,60  | 0,31 | 3,12 |
| I 6          | Strom Südrand des Katmai, Wasserfall                       | 63,60 | 14,10 | 23,30 | 6,03 | 3,84  | 1,16             | 2,20  | 0,99  | 3,31 | 1,10 |
| II 1         | Andesit, Nordseite Falling Mt.                             | 61,92 | 15,40 | 22,68 | 5,39 | 4,70  | 1,14             | 3,48  | 0,98  | 2,54 | 1,40 |
| I 11         | Andesit, S Cliff, Mageikkrater                             | 60,12 | 18,76 | 21,12 | 4,93 | 5,17  | 1,08             | 4,49  | 1,45  | 2,50 | 1,88 |
| I 10         | Andesit, SO unter dem Gipfelkrater Mt. Martin              | 61,16 | 17,18 | 21,66 | 5,11 | 5,07  | 1,21             | 4,05  | 1,17  | 2,45 | 1,84 |
| I 12         | Andesit, Endmoräne N-Hang, Mt. Mageik                      | 62,20 | 17,02 | 20,78 | 5,28 | 4,99  | 1,24             | 4,09  | 1,21  | 2,25 | 1,92 |
| I 7          | Andesitgeröll, Boden des Katmaikraters                     | 59,64 | 22,22 | 18,14 | 4,31 | 6,29  | 0,49             | 4,71  | 2,03  | 2,56 | 3,62 |
| II 7         | Andesit, Strom Kukak-Bay, 40 km O Katmai                   | 68,32 | 14,43 | 17,25 | 4,53 | 8,02  | 0,70             | 3,74  | 1,48  | —    | 3,87 |
| I 3          | Grauer Andesit, Rand des Katmaikañons                      | 59,64 | 26,26 | 14,10 | 4,25 | 6,41  | 0,92             | 6,69  | 2,18  | 3,39 | 1,74 |
| II 3         | Andesit, Gipfel Knife Peak                                 | 66,24 | 20,48 | 13,28 | 4,84 | 6,88  | 0,79             | 6,26  | 1,72  | —    | 4,38 |
| II 2         | Basalt, Katmaikañonenge, NW                                | 61,76 | 27,36 | 10,88 | 4,84 | 5,76  | 0,70             | 5,01  | 2,60  | 5,21 | 1,72 |
| I 4          | Geröll, Südrand Katmaikrater                               | 59,28 | 31,10 | 9,62  | 3,71 | 7,40  | 0,32             | 7,35  | 3,19  | 3,50 | 3,02 |
| II 5         | Säuliger Basalt, alter Neck zwischen Ugak River und Knife? | 62,08 | 32,26 | 5,66  | 4,21 | 7,10  | 0,66             | 8,39  | 3,12  | 3,36 | 2,52 |
| I 13         | Basalt, Kraterboden des Katmai                             | 65,32 | 35,44 | -0,76 | 3,07 | 10,19 | 0,13             | 12,24 | 1,25  | 1,68 | 5,10 |



stehen aus Lagen von schwarzer Lava, anscheinend Obsidian, von etwa 100 m Mächtigkeit auf lichtem Quarzdiorit, das liegende Gestein in den Gates sind Aucellen führende Sandsteine der oberjurassischen Nagnekformation in fast horizontaler Lagerung. Der ungestörte Sedimentsockel liegt damit über dem Boden der Caldera. Eruptives Lockermaterial bedeckt die Gegend im Umkreis vieler Kilometer. 16 km gegen NO schneidet der Lava Creek einen mächtigen Obsidianstrom an, der von einer 45 m mächtigen Lage vulkanischen Lockermaterials überlagert wird. Nach Reck ergibt sich aus dem morphologischen Bild, daß die Calderaform die Erosionsformen der Landschaft abschneidet, also jünger als die erosive Unterlage ist. Die Rippenform des Ostwalles ist unversehrt erhalten. So kann die Caldera nicht durch Explosion entstanden sein, vielmehr ist sie eine Einbruchscaldera. Die Lockermassen der Umgebung des Vulkans gehören einer zweiten jüngsten explosiven Phase an, ebenso wie der Zentralkegel.

Die umfangreichen Erosionen des Unterbaus sind einer älteren vulkanischen Phase zuzuschreiben, die Erschöpfung ihres Herdes schloß dann mit dem Einbruch der Caldera die Entwicklung ab, die im ganzen recht jugendlich ist. Mit dem Wiedererwachen der vulkanischen Tätigkeit begann die zweite jüngste Phase, die aber ihre Tätigkeit bis zum heutigen Tage nicht mehr fortgesetzt hat.

Nach einem größeren Abstand folgt Veniaminof oder Black Peak in  $56^{\circ} 35'$  N. Br.,  $158^{\circ} 49'$  W. L. Er rauchte 1830 und 1840, sein letzter größerer Ausbruch fand 1892 statt.

Der nächste tätige Vulkan der Reihe ist Mt. Pavloff (Paulowsky), 2874 m, ein Vulkan mit zwei Kratern,  $55^{\circ} 40'$  N. Br.,  $162^{\circ} 5'$  W. L. Der nördliche war 1762—1886 tätig. Dann wechselte das aktive Zentrum auf den südlichen Krater, von dem Ausbrüche 1890 März, 1866, 1892 und zuletzt 15.—16. Juli 1914 angegeben werden, die alle explosiven Charakter tragen.

Medwienikoff, Medwenikowski,  $55^{\circ} 15'$  N. Br.,  $162^{\circ} 16'$  W. L. macht den Eindruck eines zusammengestürzten Berges, er war 1755?, 1790, 1817 und schon vorher tätig unter Förderung nußgroßer Basaltbomben. Der letzte Vulkan der Halbinsel Alaska ist Morshowsky, Wallroß-Peak, 1275 m, in  $55^{\circ} 5'$  N. Br.,  $162^{\circ} 50'$  W. L. Der Berg muß früher stark tätig gewesen sein. Sein letzter Ausbruch wird von 1768 verzeichnet.

Nunmehr tritt der Vulkanbogen auf die Inselkette der Aleuten über. Die letzten vier Vulkane sind als Inselvulkane aufgeschüttet und erst in der Postdiluvialzeit landfest geworden.

#### b) Die Aleutenvulkane.

Die Insel Amak oder Amiak liegt etwas nördlich außerhalb der Zone,  $55^{\circ} 15'$  N. Br.,  $163^{\circ} 15'$  W. L. Sie besteht nach Kastalsky bei Grewingk



aus einem erloschenen Vulkan, der mit Trümmern von Lava und Bimsstein bedeckt ist. Der Berg soll 1700—1710 tätig und noch 1796 unruhig gewesen sein. Grewingk setzt ein Fragezeichen hinter seine Tätigkeit.

Die erste Insel, die den Bogen fortsetzt, ist die größere Insel Unimak mit zwei parallelen Bergreihen und einer Anzahl tätiger Vulkane. Im Osten steigt das Isanachgebirge, Isanotzky, zu der ansehnlichen Höhe von 2861 m,  $54^{\circ} 49' \text{ N. Br.}$ ,  $164^{\circ} 5' \text{ W. L.}$  Hier fand am 10. März 1825 eine Lineareruption statt. Das Gebirge spaltete sich auf eine weite Strecke, ein Gletscherlauf war die Folge. Die Spalteneruptionen wiederholten sich

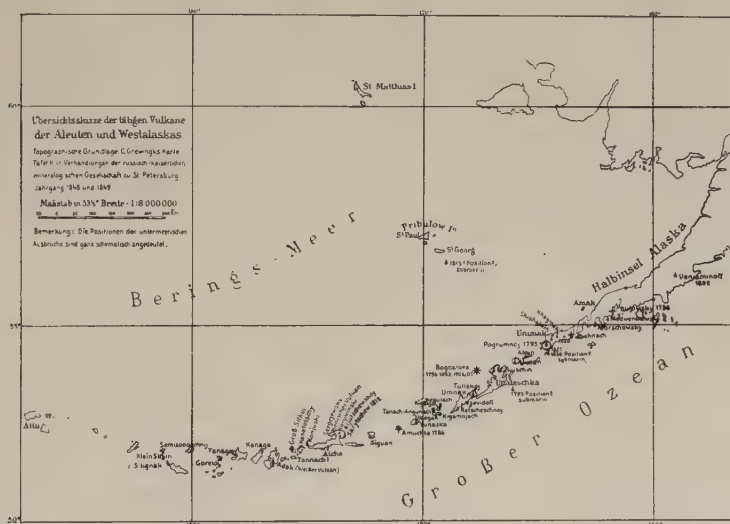


Abb. 46. Karte des Alaskabogens nach Sapper.

1830 Sept., März und 5.—7. Mai 1831. Weiter westlich in der Ebene, in der Mitte der Insel, liegt der Schauplatz eines explosiven Ausbruchs im Jahre 1826 11. Okt. und 1827 Jan. Es folgt der zweigipflige Khatginalak, ein sehr hoher, kegelförmiger Peak, sein Krater soll vor Ankunft der Russen etwa 1690 entstanden sein. Mt. Shishaldin, 2627 m,  $54^{\circ} 48' \text{ N. Br.}$ ,  $163^{\circ} 42' \text{ W. L.}$ , ist ein sehr regelmäßiger Kegel und außerordentlich aktiver Vulkan. Er ist seit undenklichen Zeiten tätig, stößt meist nur Rauch aus. Besondere Ausbruchsjahre sind: 1775—1778, 1790, 1825, 1827, 1830—1831, 1838, 1865, 1880—1881, 1883, 1895, 1897, 1898 mit Lavaförderung, 1912, 1925.

Auf dem Westende der Insel steigt der Zuckerhut des Programnoje oder Nosowskoje zu 1980 m auf in  $54^{\circ} 35' \text{ N. Br.}$ ,  $164^{\circ} 37' \text{ W. L.}$  1795 hatte der Vulkan einen gewaltigen Ausbruch, verbunden mit Gletscherlauf, ein dichter Regen weißer Asche ging nieder. Im nächsten Jahre



wiederholten sich die Ausbrucherscheinungen, auch 1827—1830 fanden starke Eruptionen statt.

Die nächste Insel Akun trägt nur einen solfatarisch tätigen Vulkan, der 1825 lebhafter tätig war.

Auch die folgende Insel Akutan besitzt in der Mitte einen 1250 m hohen, meist solfatarisch tätigen Vulkan in  $54^{\circ} 8' \text{ N. Br.}$ ,  $165^{\circ} 58' \text{ W. L.}$  Die Ausbruchsjahre sind: 1790, 1828, 1838, 1883 explosiver Ausbruch, 1887 Lavastrom, Aug. 1892 periodisch alle 20 Minuten, 22. Febr. 1908, 1912.

Die große Insel Unalaska hat zwei Vulkane, das tätige Zentrum ist der Mt. Makuschin, 1735 m, in  $53^{\circ} 52' \text{ N. Br.}$ ,  $166^{\circ} 55' \text{ W. L.}$ , ein vollkommener, wenig abgestumpfter Kegel. Ausbrüche werden aus den Jahren 1790, 1792, 1802, 1826, 1827, 1838, 1843, 1844, 1865, 1871 bis 1874, 1880, 1883, 1891, 1895, 1907 und 1912 verzeichnet. Der solfatarische Charakter der Ausbrüche ist die Regel, mit gelegentlichen Steigerungen zu Explosionen. Von dem anderen vulkanischen Zentrum sind Ausbrüche nicht bekannt.

Das interessanteste Gebilde des ganzen Bogens ist die Insel Bogosloff. Sie fällt aus der eigentlichen Zone nach Norden heraus und liegt nördlich von Umnak in etwa  $54^{\circ} \text{ N. Br.}$  und  $168^{\circ} 50' \text{ W. L.}$  Nahe einer einsamen Klippe, dem Schiffelsen, entstand im Mai 1796 durch einen submarinen Ausbruch eine neue Insel, die Joanna Bogoslova getauft wurde. Die Aleuten nannten sie Agashakok. Später wurde sie häufig zur Unterscheidung der jüngeren Inselbildungen auch Alt-Bogosloff genannt. Sie veränderte ihre Gestalt und Höhe im folgenden Jahrhundert beträchtlich. Grewingk gibt folgende Angaben: 1804 Umfang 4,6 km, Höhe 107 m, 1806 Umfang 11—16 km, Höhe 762 m, 1819 Umfang 7 km, Höhe 681 m, 1820 Umfang 7 km, Höhe 152 m. Die höchste Erhebung von Alt-Bogosloff ist die südöstliche Hornblendeandesitstaukuppe „Castle Rock“, 1910 von dem Zollkutter Tahoma zu 88 m Höhe vermessen. 1804 dampfte die Insel und warf Steine aus, 1806 floß ein Lavastrom auf der Nordseite aus, 1814 Steinauswurf, 1820 nur noch Rauchentwicklung. 1872—1873 war von der Insel nur ein scharfer, schmaler Gipfelrücken ohne Krater von 260 m Höhe übriggeblieben.

Dies ist der Entwicklungsabschnitt Alt-Bogosloff.

Ein neuer Abschnitt begann mit dem Jahre 1882, das Grewingkstadium. NW vom Schiffelsen stieg Rauch auf, am 27. Sept. 1883 entstand  $1\frac{1}{2}$  Seemeilen NW Alt-Bogosloff eine  $1\frac{1}{2}$ mal so große zweite Insel, deren Position  $53^{\circ} 55' \text{ N. Br.}$ ,  $168^{\circ} 20' \text{ W. L.}$  ist, sie erhielt den Namen Neu-Bogosloff oder Grewingk oder Fire Island. Große Massen heißer Steine, Asche, Rauch und Dampf wurden ausgestoßen vom Gipfel und aus zahlreichen Spalten. Eine Staukuppe wuchs zu 244 m Höhe



heran. Ein Sandisthmus führte über den Schiffelsen zur alten Insel. Die Tätigkeit dauert noch einige Jahre an. Ein Aschenausbruch fand am 20. Okt. 1883, dann 1884, 1886—1887 und noch 1890 statt. Dann trat Ruhe ein. Der Schiffelsen verschwand um das Jahr 1891, beide Inseln wurden durch das Meer wieder getrennt. Mit dem Jahr 1906 beginnt das „dritte“ Metcalfstadium. Im März 1906 setzte die Tätigkeit wieder ein. Etwa in der Gegend, wo der Schiffelsen verschwunden war, wurde eine kraterlose Neubildung sichtbar, der Metcalfkegel oder Perry Peak, wieder eine Hornblendeandesitstaukuppe von 122 m Höhe und 610 m

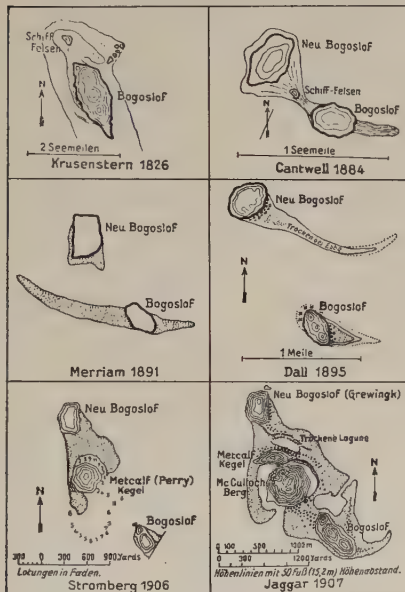


Abb. 47. Die Bogosloffinsel und ihre Veränderungen nach Jaggar.

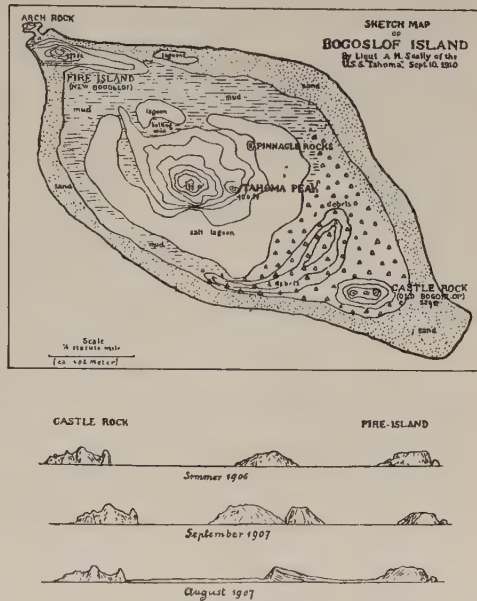


Abb. 48. Die Bogosloffinsel nach Friedländer.

Basisdurchmesser. Ein etwas gegen NO geneigtes Horn, also eine Felsnadel vom Peletypus, wuchs hervor. Eine Explosion zerstörte im Winter 1906/07 den Metcalfkegel zur Hälfte, im Juni 1908 war der letzte Rest des Perry Peak verschwunden. Mit dem Erscheinen einer neuen Felsnadel beginnt das vierte Stadium oder Mc-Culloch-Stadium. Dieses Gebilde, Mc. Culloch Peak, wuchs in der Nähe der Stelle, wo der Perry Peak stand, bis zu 138 m Höhe, Powers gibt eine Höhe von 122 m bei einem Basisdurchmesser von 610 m an. Das Gesteinsmaterial war wieder der gleiche Hornblendeandesit. Bereits am 1. Sept. 1907 explodierte der Mc. Culloch Peak, die Asche wurde auf 100 Seemeilen verstreut. Der Berg war verschwunden, und wieder brandete das Meer auf der Südseite des Metcalfkegels.



Doch 1909 wurde das Meer zwischen beiden Inseln zu einer Lagune abgeschnürt, aus der sich zwei kleine rauchende Inseln erhoben. Das Wasser der Lagune dampfte. Am 16. Juni vereinigten sich beide Inseln, sie hatten eine Höhe von 54 m erreicht. Die Insel wurde am 10. Oktober 1910 von dem amerikanischen Zollkutter Tahoma vermessen. Noch kochte der Schlamm in der Lagune und wurde  $1\frac{1}{2}$  m hoch aufgeworfen, das Wasser in der Umgebung des neuen Peak hatte Temperaturen von 30—40°.

Der Peak erhielt den Namen Tahoma Peak, Powers gibt als seine Höhe 54 m und 610 m als Basisdurchmesser an. Das V. Stadium kann als Tahomastadium bezeichnet werden. Im August 1926 fand auf der Insel nach Sapper ein starker Ausbruch statt.

Der Bogosloffvulkan ist ein 2000 m über den Meeresboden sich erhebender Vulkan, dessen Gipfelpartien nur einige 100 m über die Meeresoberfläche herausragen.

Die Konstanten der Hornblendeandesite des Bogosloffvulkans sind:

| S. 664 |                              | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |
|--------|------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| II 15  | Hornblendeandesit, Bogosloff | 75,80 | 13,55 | 10,65 | 7,04 | 4,87 | 2,23             | 2,30 | 3,06 | —    | 2,66 |
| II 13  | Andesit, Unalaschka          | 62,64 | 26,86 | 10,50 | 5,19 | 5,28 | 1,46             | 7,00 | 2,47 | 3,17 | 1,58 |
| II 16  | Hornblendeandesit, Bogosloff | 74,80 | 15,89 | 9,31  | 5,91 | 6,88 | 0,91             | 3,61 | 2,52 | —    | 3,41 |
| II 18  | Basalt, Bogosloff            | 79,04 | 25,78 | —5,82 | 6,41 | 6,94 | 1,76             | 5,27 | 4,50 | 1,67 | 3,90 |

Das Bogosloffmagma ist ebenso sauer wie die Magmen der benachbarten Aleuteninseln Unalaschka, nur leukokrater, also in einem weiter fortgeschrittenen Stadium der Differentiation.

Die Insel Umnak setzt den Aleutenbogen gegen Westen fort, sie trägt drei Vulkane. Tuliskoje oder Tulik 53°23' N. Br., 167°55' W. L. hatte am 1. März 1820 einen schweren Aschenausbruch und förderte auf der Insel eine 30—35 cm dicke Aschenschicht. Weitere Ausbrüche fanden 1827, 1878 aus einem neugebildeten Krater statt. Der mittlere Vulkan heißt Vsevidoff oder Sewidowski 2205 m, 53°5' N. Br., 168°30' W. L., Ausbrüche: 1748, 30. Mai 1790, 1830. Ein Geysir auf der Nordseite springt alle Viertelstunde einen halben Meter hoch. Der dritte Vulkan ist Ret-scheschnoj 52°27' N. Br., 168°35' W. L., 1830 tätig.

Nun folgt eine Gruppe von 6 Inseln mit vier tätigen Vulkankegeln, sie geht unter dem Namen der Vierkraterinseln. Vulkan Tschegulak 53°8' N. Br., 169°24' W. L., tätig zu Beginn des 18. Jahrhunderts und 1878, Kigalga erloschen, Kigamiljach 52°53' N. Br., 169°30' W. L. früher tätig, Ulägan (Carlisle I.) 2286 m, Anfang des 18. Jahrhunderts tätig, 52°53' N. Br., 169°40' W. L. und endlich Tanach-Angunach 53° N. Br., 169°30' W. L. 1774; 1828; 1838 in Tätigkeit.



Junaschka oder Yunaska trägt einen abgestumpften Kegel in  $52^{\circ}35'$  N.Br.,  $170^{\circ}55'$  W.L. Der 873 m hohe Berg war 1818, 1824, 1830, 1873, tätig. Amukhta 1139 m,  $52^{\circ}30'$  N.Br.,  $171^{\circ}14'$  W.L. besitzt einen unregelmäßig geformten Kegel mit eingedrücktem Gipfel, tätig: 1786, 1791, 1876; Grewingk faßt die oben beschriebenen Inseln unter dem Namen Fuchsinselfn oder Lissji-Inselfn zusammen.

Die nächste Inselgruppe sind die Andrejanowsky-Inselfn.

Siguam oder Seguam scheint einige aktive Stellen zu besitzen, die von Zeit zu Zeit rauchen. Grewingk gibt am Ostende einen kleinen schwarzen Peak in  $52^{\circ}20'$  N.Br.,  $172^{\circ}12'$  W.L. an, der höchste Berg, 606 m, war 1790 und 1827 tätig.

Atka, Atcha, Atku, eine Doppelinsel, trägt 5 größere Vulkane: Vulkan Sarytchef 1577 m, etwa  $52^{\circ}20'$  N.Br.,  $173^{\circ}47'$  W.L., mit einem starken Ausbruch 1812, Vulkan Kljutschewskoj  $52^{\circ}20'$  N.Br.,  $173^{\circ}55'$  W.L., mit zahlreichen heißen Quellen an der Westseite, 1844 nach Grewingk schwach rauchend; Korowsinsky zweigipflig,  $52^{\circ}24'$  N.Br.,  $173^{\circ}57'$  W.L., rauchte 1829 und 1830; der „Konische Vulkan  $52^{\circ}22'30''$  N.Br.,  $174^{\circ}6'$  W.L., mit zahllosen Schlammvulkanen am Südhang; alle diese Vulkane liegen auf der Nordinsel. Auf dem schmalen Isthmus, der die Nord- und Südinsel verbindet, erhebt sich der Vulkan Sergejewsky  $52^{\circ}18'$  N.Br.,  $174^{\circ}9'$  W.L., erloschen.

Nun folgt eine Gruppe kleinerer Inseln, mit zwei Ausbruchspunkten.

Koniuji (Konjushi)  $52^{\circ}13'$  N.Br.,  $174^{\circ}54'$  W.L., ist ein mächtiger Felsen von dreieckiger Form, nach Becker 1760 aufsteigend, man sah ihn 1827 und 1828 rauchend. Der Vulkan Katatotschy in  $52^{\circ}9'$  N.Br.,  $176^{\circ}2'$  W.L. ist erloschen. Groß-Sitkin 1635 m, in  $52^{\circ}10'$  N.Br.,  $176^{\circ}5'$  W.L., Ausbrüche: Mai 1792; 1829 rauchend.

Auf der gebirgigen Insel Adakh oder Adach erhebt sich der weiße Vulkan  $51^{\circ}48'$  N.Br.,  $176^{\circ}31'$  W.L., er wird 1760 und 1784 als rauchend angegeben. Kanaga 729 m, liegt in  $51^{\circ}10'$  N.Br.,  $177^{\circ}8'$  W.L., seine Ausbruchsjahre sind: 1763, 1786, 1827, 1829.

Einen gewaltigen Vulkan von der Größenordnung des Aetna krönt die Insel Tanaga, 2095 m in  $51^{\circ}54'$  N.Br.,  $178^{\circ}7'$  W.L. Er ist häufig tätig, zumal in den Jahren 1763—70, 1791, 1829.

Nicht ganz so groß ist Goreloj, 1626 m in  $51^{\circ}48'$  N.Br.,  $178^{\circ}51'$  W.L., mit Ausbrüchen in den Jahren 1760, 1792, Lavaeruption 1827, 1829 rauchend, 1873.

Den letzten Abschnitt der vulkanischen Aleuten umfassen die Ratteninseln oder Krüssji-Inselfn.

Die Insel Semisopotschnij besitzt zwei Vulkane, der nördliche 974 m, war im 18. Jahrhundert ständig tätig, der größere südliche in den Jahren 1772, 1790, 1792, 1830, 1873.



Der letzte tätige Vulkan der Zone liegt auf Sitignak, Amukta to Atta oder Ratinsel,  $51^{\circ} 53' \text{ N. Br.}$ ,  $178^{\circ} 20' \text{ W. L.}$ , er hatte 1776 einen Ausbruch. Klein-Sitkin rauchte nach Becker 1828.

Die „Nahen Inseln“ sind zwar gleichfalls vulkanischer Natur, jedoch erloschen.

Drei weitere zum Bogen gehörige submarine Ausbrüche hat Sapper lokalisiert. Südlich von Unalashka im Jahre 1795, südöstlich der Pribiloffinsel St. Georg im Jahre 1815 und südöstlich von Umiak am 16. Juli 1856.

Faßt man den Alaska-Aleuten-Bogen zu einer Einheit zusammen, so sind im ganzen 61 Vulkaneinheiten gezählt, 18 davon sind erloschen, 9 solfatarisch, 26 explosiv und 8 effusiv tätig.

|                      | Erlosch.           | solfat.            | explos.            | effusiv.           |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Alaska:              | 16 $\frac{0}{100}$ | 3 $\frac{0}{100}$  | 12 $\frac{0}{100}$ | 5 $\frac{0}{100}$  |
| Fuchsinself:         | 8 $\frac{0}{100}$  | 2 $\frac{0}{100}$  | 18 $\frac{0}{100}$ | 6 $\frac{0}{100}$  |
| Andrejanowskyinseln: | 6 $\frac{0}{100}$  | 8 $\frac{0}{100}$  | 8 $\frac{0}{100}$  | 1 $\frac{0}{100}$  |
| Ratteninseln:        | —                  | 2 $\frac{0}{100}$  | 5 $\frac{0}{100}$  | —                  |
|                      | 30 $\frac{0}{100}$ | 15 $\frac{0}{100}$ | 43 $\frac{0}{100}$ | 12 $\frac{0}{100}$ |

Diese Zusammenstellung lehrt einen Rückgang auf 30 $\frac{0}{100}$  erloschener Vulkane, die Tätigkeit trägt vorwiegend, zu 43 $\frac{0}{100}$ , explosiven Charakter. Die vulkanische Intensität ist im Sektor der Fuchsinself am stärksten. Auf dem Festlande liegt das Maximum in der Katmairegion.

Sapper errechnet für den Alaskasektor eine Reihungsdichte 1:200, für die Aleuten 1:50. Ihre Frequenz in dem Zeitabschnitt 1801—1914 etwa = 50. Seit 1700 sind rund  $\frac{1}{2}$  cbkm Lava und  $2\frac{1}{2}$  cbkm Lockerprodukte gefördert. Der Wert derartiger statistischer Zusammenstellung wird sehr durch die mangelhafte Berichterstattung über die vulkanischen Ereignisse jener entlegenen Regionen beeinträchtigt.

Dem Aleutenbogen ist der Aleutengraben vorgelagert, mit Meerestiefen um 7000 m. Im Süden der Alaskahalbinsel sinkt das Meer bis zu —6700 m, südlich von Unimak auf —6985 m, südlich von Groß-Sitkin und Tanach auf —7318 m, eine zweite maximale Vortiefe ist den erloschenen Nahen Inseln vorgelagert mit —7382 m. Eine Beziehung zwischen der vulkanischen Intensität und der Vortiefe ist nicht zu erkennen.

## 5. Der tertiäre Vulkanismus.

### Der Vulkanismus des Zwischengebirges.

In den weiten Räumen zwischen den Rocky Mts. und dem pazifischen Gebirgssystem, Sierra Nevada, Kaskadengebirge und ihren nördlichen Fortsetzungen finden sich keine in der Gegenwart tätigen Vulkane mehr,



doch war diese Region im Tertiär und Quartär der Schauplatz eines regen Vulkanismus, dessen letzte Äußerungen hart bis an die Gegenwart heranreichen. Es ist nicht möglich, die zahllosen erloschenen Vulkangebilde in Ausführlichkeit zu behandeln. In dem folgenden Abschnitt sollen einige besonders jugendliche und bemerkenswerte Vulkane besprochen werden.

### Die San-Francisko-Vulkane.

Eine ausführliche Schilderung dieses Vulkangebietes in Arizona verdanken wir der Monographie H. H. Robinsons. Im Osten des Colorado-plateaus bestehen die Teile der Basin Range von Arizona in der Umgebung von Flagstaff aus einem durch Verwerfungen gestörten, sonst ruhig gelagerten Untergrund aus karbonischen Kalken, Sandsteinen und Trias (Jura bis Eozän sind der Erosion zum Opfer gefallen). Über diese Rumpffläche legt sich im jüngeren Pliozän eine Decke älterer Basalte. In der ersten Hälfte des Quartär haben sich über dieser Basaltdecke 6 größere Vulkane des San-Francisko-Gebiets aufgebaut, wenn man vom Floid Peak  $35^{\circ} 10' \text{ N.Br.}$ ,  $112^{\circ} 40' \text{ W.L.}$  absieht.

Der San-Francisko-Vulkan, 3844 m, 1524 m über der Umgebung,  $35^{\circ} 21' \text{ N.Br.}$ ,  $111^{\circ} 40' \text{ W.L.}$ , ist das eigentliche Zentrum. Er ist der höchste Berg in den südwestlichen Staaten. In konkaver Profillinie mit 20—22 m Böschung steigt der Vulkan zu einem unregelmäßig geformten Gipfel auf. Der ursprüngliche Krater ist völlig zerstört. Die Gipfelzacken bilden die Peaks San Francisco 3844 m, Agassiz 3761 m und Fremont 3639 m.

Die Gipfeldepression ist gegen ONO in der Richtung auf den Sugarloaf Hill durch das Interior Valley bis zu 2614 m Meereshöhe geöffnet, das einst einen Gletscher aufgenommen hat, wie die Moränenreste beweisen. Der zusammengesetzte Vulkan baut sich auf einem weitgehend differenzierten Herd auf. Er läßt 5 Stadien seiner Entwicklungsgeschichte erkennen, in denen seine Laven gewechselt haben. Das älteste Stadium I ist das Latitstadium. Latitlaven, Breccien und Tuffe wurden gefördert, der Vulkan war in dieser Zeit sehr tätig und zwar vorwiegend explosiv. Am Ende des Stadiums erhob er sich 226 m über seine Umgebung, Robinson berechnet sein Volumen auf 34 cbkm.

Die Latitlaven stehen zwischen Andesit und Trachyt, unterscheiden sich sehr wenig von den Andesiten und sind nur etwas leukokrater als diese. Das II. Stadium ist das der Pyroxendazite, mächtige Eruptionen vollzogen sich verhältnismäßig ruhig. Der Vulkan wuchs um 250 m. 21 cbkm Lava wurden besonders aus seitlichen Schloten wie Peak A, Schulz Peak, Peak F gefördert. Die Ströme sind dick und massiv. Das III. Stadium ist durch Förderung von Hornblendadaziten gekennzeichnet, sie war ruhig und schwach, betrug nur 0,8 cbkm und erhöhte den Gipfel nicht wesentlich. Die Lava ist noch saurer geworden. Peak D baut sich aus ihr auf. Das



| S. 666—669 |                        | Laven des San- |       |       |       |
|------------|------------------------|----------------|-------|-------|-------|
|            |                        | L M Q          |       |       |       |
| 18         | Augitandesit           | V. Stadium     | 68,92 | 21,96 | 9,12  |
| 4          | Riebeckitgranitporphyr | IV. Stadium    | 65,92 | 6,44  | 27,64 |
| 5          | Riebeckitrhyolith      | IV. Stadium    | 66,96 | 6,54  | 26,50 |
| 10         | Biotithornblendedazit  | III. Stadium   | 71,10 | 7,70  | 21,20 |
| 13         | Hypersthendazit        | II. Stadium    | 75,20 | 9,56  | 15,24 |
| 16         | Pyroxenhornblendelatit | I. Stadium     | 73,12 | 15,44 | 11,44 |

IV. Stadium läßt Riebeckitrhyolithe in dünnen Strömen austreten, der Sugarloaf Peak besteht ganz aus Rhyolith. Das Volumen mag auf 0,8 cbkm

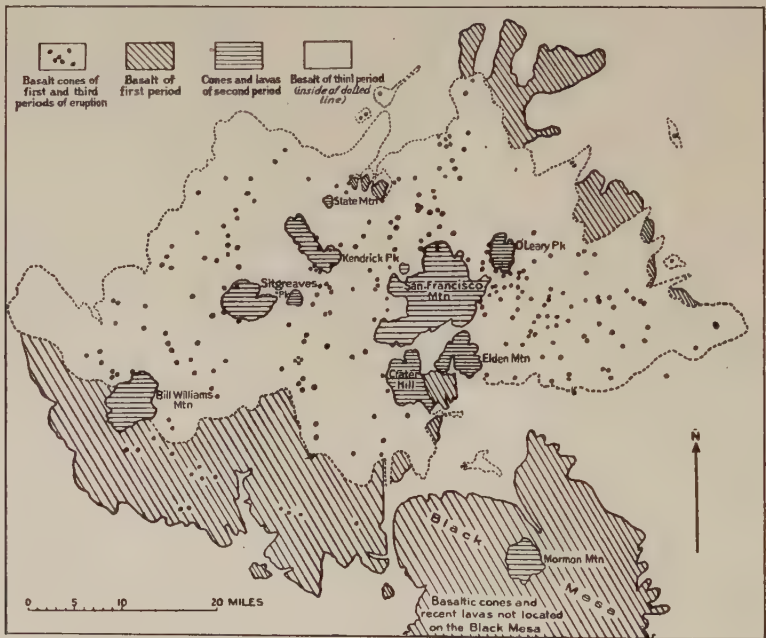


Abb. 49. Karte des San-Francisco-Vulkangebiets nach Robinson.

geschätzt werden. Bis hierher vollzieht sich die Entwicklung normal von der basischen Latitlava — Pyroxendazit — Hornblendedazit zum sauren Riebeckitrhyolith. Das Höhenwachstum des Vulkans war zum Stillstand gekommen, die Differentiation hatte den sauersten Pol erreicht.

Im letzten V. Abschnitt der quartären Entwicklungsgeschichte bricht die Entwicklung plötzlich ab, ein basischer Augitandesit dringt aus dem Zentralschlot auf, die Ausbrüche vollziehen sich ruhig, das Volumen der geförderten Lava macht etwa 4,8 cbkm aus. Der Vulkan wächst zu seiner größten Höhe von 2682 m über dem Basaltplateau. Aus diesem jüngsten basischen Andesit, der noch basischer als die Latite ist, bestehen die



## Francisko-Vulkans.

| A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |                      |
|------|-------|------------------|------|------|------|------|----------------------|
| 6,05 | 5,13  | 1,53             | 4,66 | 1,46 | 3,60 | 2,52 | Ruhig, kräftiger     |
| 8,24 | —0,66 | 2,75             | 0,20 | 0,13 | 0,91 | —    |                      |
| 8,37 | —0,72 | 3,01             | —    | 0,13 | 0,98 | —    | Ruhig, schwach       |
| 7,23 | 3,25  | 2,39             | 1,46 | —    | 1,46 | 1,86 | Ruhig, schwach       |
| 7,93 | 2,94  | 2,40             | 1,53 | 0,73 | 1,59 | 1,86 | Ruhig, kraftvoll     |
| 7,04 | 4,20  | 2,10             | 3,59 | 0,67 | 2,17 | 2,58 | Explosiv, sehr tätig |

Gipfelgesteine. Die Lava muß dünnflüssiger gewesen sein, denn ein Andesitstrom entfernt sich 12 km vom Kraterzentrum. Mit diesen Andesiten scheint mir ein Wiederaufleben des Vulkanismus einzusetzen, der dann in der Eruption der jüngeren Basalte in der zweiten Hälfte des Quartär und in der Postquartärzeit seinen Höhepunkt erlebt, dessen letzte Phasen hart bis an die Gegenwart heranreichen.

Die Laven des San Francisco zeigen obige Zusammensetzung.

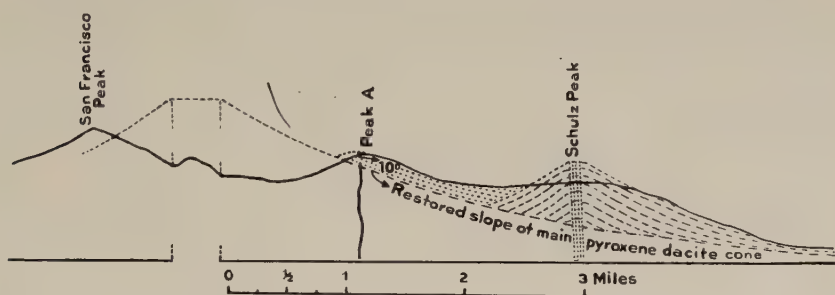


Abb. 50. Profil durch den San-Francisko-Vulkan nach Robinson.

Seit dem Erlöschen der Tätigkeit hat die Erosion den Gipfel um 914 m erniedrigt, das macht 8% des ganzen Volumens aus, = 61 cbkm. 90% aller Laven sind durch den Zentralschlot gefördert.

45 km S vom San Francisco erhebt sich der Mormon Peak 2621 m, 34°59' N. Br., 111°30' W. L., der kleinste der 6 Vulkane. Seine relative Höhe beträgt nur 457 m. Er teilt mit dem großen Zentrum die beiden ersten Entwicklungsstadien, das Latit- und Dazitstadium. Die ersteren erreichen ein Volumen von 2,4, die letzteren von 0,8 cbkm. Der Vulkan ist offenbar im dritten Stadium des San-Francisko-Vulkans erloschen.

Seine Laven haben folgende Zusammensetzung:

## Laven des Mormon Peak.

| S. 666—669 |                 | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |
|------------|-----------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| 7          | Hornblendedazit | 69,17 | 7,58  | 23,25 | 6,78 | 3,65 | 1,73             | 2,13 | —    | 1,06 | 1,20 |
| 17         | Pyroxenlatit    | 72,68 | 16,26 | 11,06 | 6,94 | 4,29 | 1,52             | 4,10 | 1,52 | 1,59 | 1,84 |



Am weitesten von dem aktiven Zentrum, 53 km in S 75 W Richtung entfernt sich der Bill William Peak über 2896 m, rel. 731 m in  $35^{\circ} 11' \text{ N.Br.}$ ,  $112^{\circ} 11' \text{ W.L.}$  Die Andesitausbrüche aus dem zentralen Schlot des I. Stadiums unterscheiden sich nicht erheblich von den pliozänen Basalten der Mesa, sie sind etwas saurer und leukokrater geworden. Das Latitstadium wird jedoch nicht erreicht. Ich möchte diesen Vulkan deshalb für den ältesten des ganzen Feldes halten. Das Volumen ist auf 1,1 cbkm zu schätzen, der Vulkan wuchs zu 640 m Höhe. Das nächste II. Stadium entspricht dem III. Stadium des San Francisco, es sind Dazite, ein wenig basischer und melanokrater, z. T. aus dem Hauptförderkanal, z. T. aus Nebenschloten herausgekommen. Ihr Volumen errechnet sich zu 3,5 cbkm, der Berg erreichte mit 1113 m seine größte Höhe und ist seitdem um 382 m durch die Erosion erniedrigt worden.

Seine Laven haben folgende Zusammensetzung:

Laven des Bill Williams Mt.

| S. 666—669 |                    | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Stadium                      |
|------------|--------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|------|------------------------------|
| 11         | Hornblendedazit    | 70,04 | 9,90  | 20,06 | 7,07 | 3,37 | 2,05             | 2,44  | 0,86 | 0,73 | 1,84 | II. ruhig tätig, kraftvoll   |
| 20         | Hornblendeandesit  | 62,92 | 35,24 | 1,84  | 5,48 | 4,77 | 0,85             | 10,38 | 3,98 | 1,37 | 3,78 | I. explosiv tätig, kraftvoll |
| 22         | Augitandesitbasalt | 63,68 | 37,32 | -1,00 | 4,85 | 6,22 | 1,18             | 9,82  | 3,21 | 4,06 | 3,14 |                              |

Nur aus Riebeckitrhylolith, dem Magma des V. Stadiums des Hauptvulkans, zusammengesetzt ist der Sitgreaves Peak etwa ebenso hoch wie der vorige Peak in  $35^{\circ} 20' \text{ N.Br.}$ ,  $112^{\circ} \text{ W.L.}$ , 30 km in W Richtung vom Hauptvulkan entfernt. Sein Volumen, Hauptkegel und zwei Nebenskegel, beträgt 4,8 cbkm, die Höhe 1218 m. Die Erosion hat den Gipfel um 456 m erniedrigt, etwa 7% des Volumens sind zerstört worden.

Laven des Sitgreaves Peak.

| S. 666 |                    | L     | M    | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt |
|--------|--------------------|-------|------|-------|------|-------|------------------|------|------|------|----|
| 3      | Riebeckitrhylolith | 66,96 | 5,34 | 27,70 | 8,37 | -0,53 | 2,99             | 0,39 | 0,32 | 0,37 | —  |

Die noch übrig gebliebenen Vulkane sind dadurch gekennzeichnet, daß ihre Lavenfolge invers, vom sauren Ende gegen den basischen Pol fortschreitet.

Der zweithöchste Peak des Gebiets ist der Kendrick Peak, 3200 m (rel. 914 m), in  $35^{\circ} 24' \text{ N.Br.}$ ,  $111^{\circ} 50' \text{ W.L.}$ , 18 km in NW-Richtung vom San Francisco entfernt. Der regelmäßige, fast ganz aus Laven aufgebaute Kegel erleidet nur durch einige junge Basaltkegel der dritten Periode eine Störung seiner Symmetrie. Der Berg hat sich in vier Entwicklungsstadien aufgebaut. Das erste lieferte extrem saure Gesteine, Biotitdazite bzw. Rhyo-



lithe, sie sind ebenso sauer als die Riebeckitrhylithe des vierten Stadiums des Hauptvulkans, ohne daß sie sonst mit ihnen ident wären. Sie bauten einen 1341 m hohen Vulkan auf mit einem Volumen von 8,5 cbkm. Das zweite Stadium bringt Pyroxendazite, die den Daziten des zweiten Stadiums des Vulkans nach der Quarzzahl entsprechen, auch sind sie im übrigen nicht völlig ident. Der Berg wuchs zu 1402 m Höhe, das Volumen dieser Dazite mag mit 0,6 cbkm veranschlagt werden. Das dritte Stadium bringt Dazite oder besser Andesite mit  $Q = 12,74$ , die den Latiten des San Francisco mit  $Q = 11,44$  recht nahe kommen. Der Berg gewinnt die Höhe 1463 m, der Inhalt dieser Gesteine beträgt 1 cbkm. Das letzte vierte Stadium schließt mit denselben Augitandesiten, wie beim Hauptvulkan, ab. Sie erhöhen den Berg nicht mehr, ihr Volumen betrug nur 0,2 cbkm. Seit dem Erlöschen des Vulkans hat die Erosion die Höhe um 549 m verringert, 8% des ganzen Volumens sind der Erosion zum Opfer gefallen.

Die Kendricklaven sind folgende:

| S. 666—669 |                       | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Stadium                |
|------------|-----------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|------|------------------------|
| 23         | Jüngerer Basalt       | 53,60 | 51,42 | —5,02 | 3,10 | 7,20 | 0,52             | 13,78 | 4,78 | 5,80 | 2,70 | IV. ruhig,<br>schwach  |
| 19         | Augitandesit          | 64,92 | 27,96 | 7,12  | 5,69 | 4,85 | 1,52             | 6,83  | 2,37 | 3,59 | 2,38 |                        |
| 5          | Hypersthendazit       | 69,28 | 17,98 | 12,74 | 6,26 | 4,80 | 2,13             | 4,93  | 0,46 | 2,73 | 1,74 | III. ruhig,<br>schwach |
| 12         | Pyroxendazit          | 70,68 | 13,12 | 16,20 | 6,49 | 4,69 | 2,21             | 4,02  | 0,06 | 1,34 | 2,28 | II. ruhig,<br>schwach  |
| 6          | Biotitdazit(Rhyolith) | 67,32 | 5,60  | 27,08 | 7,34 | 2,00 | 2,60             | 1,20  | —    | 0,47 | 2,26 | I. tätig,<br>kraftvoll |

Invers ist die Lavafolge des O'Leary Peak, 2740 m (rel. 610 m), 35° 24' N. Br., 111° 32' W. L., eines doppelten Kegels, der sich in zwei Abschnitten aufgebaut hat. Er steht vom Hauptvulkan 14 km in NO-Richtung ab. Saure Biotitdazite, den San-Francisco-Daziten des Stadiums III, bauen einen Kegel von 830 m Höhe und einem Volumen von 1,4 cbkm auf. Das folgende Stadium liefert Hornblendedazite, gleich den Hornblendedaziten des Hauptvulkans. Stadium II, der Vulkan wächst auf 1076 m Höhe, das Volumen beträgt 1,9 cbkm. Die Erosion hat den Berg um 466 m erniedrigt.

#### Laven des O'Leary Peak.

| S. 666 |                 | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Stadium   |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|-----------|
| 14     | Hornblendedazit | 70,64 | 14,50 | 14,86 | 6,93 | 3,80 | 2,33             | 3,46 | 0,73 | 1,86 | 2,40 | II. ruhig |
| 9      | Biotitdazit     | 72,49 | 5,76  | 21,75 | 7,78 | 2,41 | 2,35             | 0,87 | —    | 1,07 | 1,88 | I. ruhig  |

Zu diesen sechs Vulkanruinen kommen noch drei größere Lakkolith-intrusionen hinzu. Marble Hill, 2763 m, ist eine granitporphyrische Intrusion altquartären Alters; sie hat die karbonischen Kalke im Kontakt verändert. Elden Mts., 2828 m (rel. 731 m), 6 km NO von Flagstaff ist



ein zwischen zwei verworfenen Sedimentblöcken injizierter Dazitlakkolith mit  $Q = 23$ . Die Hebung des nördlichen Blocks gab dem Magma, das sehr zähflüssig war, den Austritt zur Oberfläche frei, das dann in Form eines Doms erstarrte. Die Bildung fällt in das Stadium III des San-Francisco-Vulkans. Slate Mt. ist ein Lakkolith wie Marble Hill.

Zur Erklärung der inversen Lavenfolge wird man folgende Gesichtspunkte beachten müssen. Zwischen dem pliozänen Basalt der ersten vulkanischen Phase und den jungquartären Basalten der dritten vulkanischen Phase, die sich kaum voneinander unterscheiden, schieben sich die hochdifferenzierten Laven der San-Francisco-Vulkane, der altquartären zweiten Vulkanphase, zeitlich ein. Es wirken sich also zwei verschieden alte Magmen gleicher Zu-

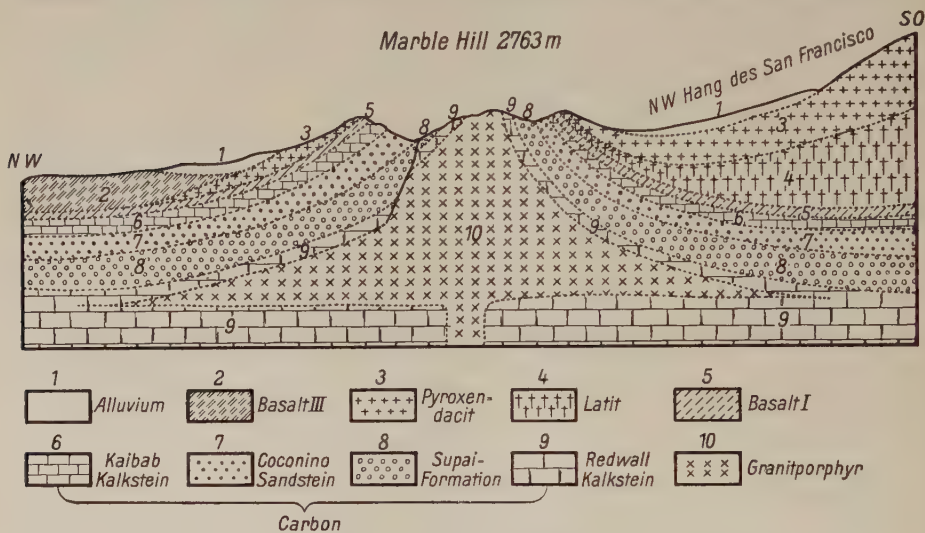


Abb. 51. Der Marble Hill-Lakkolith im San-Francisco-Vulkangebiet nach Robinson.

sammensetzung und gleicher Differentiationstendenz aus. Das pliozäne Basaltmagma erstickt, in der Nachphase stößt es vorgeschrittene Differentiate aus. Die Differentiation verläuft vom basischen zum sauren Ende, parallel mit ihr geht die Eruptionsfolge:

Basalt ( $Q = -1$  bis  $+2$ ), Bill William Mt., → Latit ( $Q = 11$ ), San Francisco, Mormon, → Dazit ( $Q = 15$ ), San Francisco, → Dazite ( $Q = 20$  bis  $23$ ), San Francisco, Mormon, Bill William, O'Leary, → Rhyolithe ( $Q = 26-28$ ), San Francisco, Sitgreave, Kendrick. Mit den Rhyolithen ist der letzte Rest des ersterbenden Herdes ausgestoßen, die Nachphase erloschen. Nun beginnt das zweite Basaltmagma aufzusteigen, das in der Tiefe schon differenziert ist. Voraus eilen die sauersten und leichtesten Differentiate, die freilich noch immer sehr viel basischer bleiben, als die sauersten Endprodukte der Nachphase, durch Assimilation der sauren Gesteine mögen sie auch saurer geworden sein. Sie benutzen die alten



Schlote, soweit diese nicht endgültig verstopft bleiben. Die basaltische Vorphase beginnt am Kendrick Peak mit Andesiten mit  $Q = 16$ , Robinsons Pyroxendazit, es folgen andere basischere Andesite mit  $Q = 13$  (Hypersthendazit), am O'Leary Peak setzt die Vorphase ein mit Andesiten  $Q = 15$  (Hornblendedazit). Je stärker der basische Basalt aufdringt, desto basischer werden die Andesite. Es folgen nun Augitandesite San Francisco mit  $Q = 9$ , Kendrick mit  $Q = 7$ .

Nach dieser Vorphase ist jetzt die Bahn für den jungquartären Basalt der dritten vulkanischen Phase frei geworden. Die Umkehrung der Eruptionsfolge, das Wiederbasischwerden der Laven ist also durch den erneuten Zufluß basischer Basalte ungezwungen zu erklären.

Die jüngeren Basalte der dritten vulkanischen Phase decken ein Gebiet von fast 2000 qkm. 200 Basaltkegel sind über diesem Areal unregelmäßig verstreut. Der Ausfluß begann in der zweiten Hälfte des Quartär und dauerte in der Postglazialzeit an. Ein vorzüglich erhaltener Kegel ist der Sunset Peak, etwa 2460 m (rel. 200—300 m), in  $35^{\circ} 20' \text{ N. Br.}$ ,  $111^{\circ} 30' \text{ W. L.}$  Der unversehrte Krater hat einen Durchmesser von 400 m und ist 122 m tief, er ist mit schwarzer Asche und Lapilli bedeckt.

Westlich vom Peak kommt ein sehr jugendlicher Basaltstrom zum Vorschein, er trägt 300 Jahre alte Pinien, kann also etwa 1000 Jahre alt sein. Dem jungen Basalt gehören an im Norden des San Francisco Dog Knobs, Red Mt., Cedar Ranch Mesa, im Süden Black und Mogollones Mesa, ferner das Uinkaretplateau in Nordarizona und ein langer breiter Lavastrom im Quellgebiet des San José River bei El Moro auf der SW-Basis des Zuñi-Plateaus.

#### Coon Butte, Meteorkrater.

Ein anderes kraterartiges Gebilde, das allerdings mit dem irdischen Vulkanismus nichts zu tun hat, ist der berühmte Meteorkrater in der Coconino Co., nahe dem Cañon Diablo in Arizona, etwa in  $35^{\circ} \text{ N. Br.}$  und  $111^{\circ} \text{ W. L.}$

In den karbonischen Kalken und roten Sandsteinen ist ein 183 m tiefer Krater von 1174—1161 m Durchmesser eingesenkt, die Kraterländer erheben sich 37—49 m und bestehen aus lockeren, zertrümmerten Blöcken des sedimentären Untergrunds, sie fallen steil zum ebenen Kraterboden ab. Ein auf dem Kraterboden angesetztes Bohrloch ergab in 183—219 m Tiefe horizontal gelagertes Karbon. Meteorisches Nickeisenmaterial wurde in den sandigen Bohrproben aus 27—183 m herausgebracht. Nach Merrill ist dieses Gebilde die Einschlagstelle des Cañon-Diablo-Eisens, einer meteorischen Masse, die auf 20 t geschätzt wird. Tilghman berechnete, daß eine Eisenmasse von 154 m Durchmesser mit einer Aufschlagsgeschwindigkeit von 8 km/sek. imstande wäre, einen solchen Effekt zu erzeugen.



## Mt. Taylor.

Ähnlich wie im San-Francisco-Vulkanfeld liegen die Verhältnisse im östlich angrenzenden Neu-Mexiko, NO vom Zuñiplateau. Über einer Mesa aus Kreide liegen etwa 100 m mächtige Basaltströme, die Mesakappe bildend. Das Tal des Rio San José im Süden und des Puerco im Westen schneidet die San Mateo Mts. mit dem Mt. Taylor heraus. Das Puercotal trennt diese Basalttafel von der basaltischen Prieta Mesa im Osten ab.

Mt. Taylor, 3472 m, 2500 m über der Mesa, in  $35^{\circ} 15' \text{ N. Br.}$ ,  $107^{\circ} 40' \text{ W. L.}$ , ist eine ziemlich weit zerstörte Vulkanruine. Ein steiler Kegel ohne Gipfelkrater stellt den Zentralschlot dar. Nur geringe Spuren von Lockerprodukten sind noch zu erhalten. Einst mündete dieser Schlot in einem großen Krater, der in einem späteren Stadium gegen Osten aufgebrochen war. In großen Zügen ist das Amphitheater noch erkennbar, wenn auch die Erosion tief eingeschnitten hat und die anstehenden Gesteine durch Schutt und Vegetation verhüllt sind. Im Puercotal, in dem 300—400 m Kreide der Erosion zum Opfer gefallen sind, finden sich zahllose Necks aus Basalt. Der ältere Basalt hat seine Eruptionen nach Dutton Anfang Miozän begonnen. Mt. Taylor besteht der Hauptsache nach aus Andesit, saurere Gesteine kommen in den höheren Teilen nicht mehr vor. Dagegen finden sich in dem San-José-Tal rezente Basaltströme; sehr jugendliche Basaltausbruchspunkte sind in der ganzen Gegend verstreut. So findet sich nach Keyes im Zuñisalzsee ein 180 m tiefer Explosionskrater mit zwei wohlerhaltenen Aschenkegeln auf dem Kraterboden. Mt. Taylor zeigt ein ähnliches Bild wie die San-Francisco-Vulkane, zwischen zwei basaltischen Phasen die differenzierten Magmen des großen Taylorvulkans. Wenn auch die Eruptionsfolge hier nicht so geklärt ist, wie dort, so scheinen doch die Rhyolithe älter als die Andesite zu sein. Am Taylor sind etwa 11% des Volumens abgetragen, dieser Vulkan ist wohl etwas älter als der San Francisco.

Die Taylorlaven haben folgende Zusammensetzung:

| S. 668 |                   |                     | L     | M     | Q     | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |
|--------|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|------------------|-------|------|------|------|
| 28     | Basalt, subrecent | Grants San-José-Tal | 58,76 | 40,54 | 0,70  | 3,79  | 7,11 | 0,80             | 10,63 | 3,26 | 3,59 | 5,58 |
| 26     | Andesit           | San Mateo Mts.      | 80,51 | 3,98  | 15,51 | 8,99  | 2,09 | 3,31             | 0,81  | —    | —    | 2,36 |
| 27     | Trachyt           | San Mateo Mts.      | 83,64 | 8,26  | 6,10  | 10,44 | 0,53 | 3,59             | 0,66  | 0,87 | 2,00 | 1,20 |
| 25     | Rhyolith          | San Mateo Mts.      | 65,79 | 4,94  | 29,27 | 7,37  | 0,80 | 2,48             | 0,80  | —    | 0,53 | 2,38 |

An jugendlichen Ausbruchspunkten mögen weiter genannt werden:

Ocate Krater, 77 km N vom Fort Union, etwa in  $36^{\circ} 20' \text{ N. Br.}$ ,  $105^{\circ} \text{ W. L.}$ , ein abgestumpfter Kegel mit  $20^{\circ}$  Neigung, dessen Symmetrie nur durch einen auf der Westseite ausgeflossenen Basaltstrom gestört wird; im Süden ist der Krater durch die Erosion aufgebrochen. Ein zweiter, junger, noch frischer Krater liegt 11 km östlich von Fort Union, abgesondert von der



Ocate Mesa, gegen Norden öffnet eine schmale Bresche den Kraterrand, ein Lavastrom fließt ab über die Ebene, in die sich der Mora Creek eingeschnitten hat.

Mt. Capulin, 2743 m, liegt 9 km S von Folsom, etwa in  $36^{\circ} 50'$  N. Br.,  $104^{\circ}$  W. L., 837 m über der Mesa, er ist aus der großen Zahl jugendlicher Ausbruchspunkte der größte.

Mit der zweigipfligen Vulkanruine des Spanish Peak, Ostpeak, 3877 m, Westpeak, 4151 m (rel. 2500 m), in  $37^{\circ} 20'$  N. Br.,  $105^{\circ}$  W. L., sind die Rocky-Mts. erreicht. Der ehemalige Tuffmantel ist zerstört, mauerartig sind die radialen Gänge herausgewittert, der Zentralschlot ohne den Gipfelkrater ist übrig geblieben. Trachyte und Rhyolithe setzen den Vulkan zusammen.

Tabelle S. 670 gibt ein Bild der Laven dieser Provinz. Zwischen zwei Basalteffusionen schalten sich weit differenziert vulkanische Extrusiv- und lakkolithische Intrusivgebilde ein. Die Ortiz Mts., bei Albuquerque, sind Lakkolithe mit einem essexitischen Kern und dazitischer Randzone. Im Rückland der Rocky-Mts. stellen sich atlantische Nephelingesteine in der Colfax Co. ein.

### Lake-Bonneville-Vulkangruppe.

Die große basaltische Zone, die sich durch Arizona und Neu-Mexiko bis nach Süd-Colorado hinzieht, ist nun nach Westen weiter zu verfolgen. Floyd Peak, westlich der San-Francisco-Mts., war als westlichster Punkt erwähnt. In der Nordwestecke von Arizona erhebt sich nördlich des Rio Colorado Mt. Trumbull, 2550 m, etwa in  $113^{\circ}$  W. L., hier wurde ein anscheinend Nephelin führender Basalt mit  $Q = 15,54$  analysiert. Der Bogen schwenkt nach N ein. In der SW-Ecke von Utah erscheinen wieder jugendliche Basaltlavafelder und Aschenkegel. Vom Markaguntplateau erwähnt Gilbert drei oder mehr Lavafelder vom Aatypus, mit einem Dutzend frischer Aschenkegel. Wenige Kilometer nach NO ist der Lake Panguitch durch einen frischen Lavastrom eingedämmt worden (Gilbert). Ein Aschenkegel mit einem schwarzen Basaltstrom, der in den Kanab Creek abgeflossen ist, steht nach Gilbert auf der Südseite des Pownagunt-Plateaus. Diese Vorkommen stellen die Verbindung mit den pleistozänen Vulkanen des Lake Bonneville in Utah her. Am Nordende des Beaver Creek, südlich von Deseret, ist die Dunderberg-Butte der Rest eines großen Schlackenkegels aus zusammenhängenden Lapillimassen. Die Wellen des Lake Bonneville zur Provozeit haben den Gipfel benagt. Der pleistozäne Lake Bonneville ist heute bis auf den Rest des großen Salzsees in Utah eingetrocknet. An den Strandlinien lassen sich vier verschiedene Stadien mit wechselndem Wasserstande unterscheiden. Zuerst das mittlere Stadium, das Bonneville Stadium mit der höchsten Wassermarke, das Provo Stadium, zuletzt das Stansburg Stadium. Am Ursprung des Old River in der



Nordecke der Sevierwüste findet sich eine 8 km lange und breite basaltische Mesa, im Tale erhebt sich die Fumarole Butte mit Lavafeld. Der Talboden ist mit roten Schlacken besät. Der etwa 53 m hohe Kegel ist abgestumpft und besteht aus Schlacken und kompaktem Basalt, zahlreiche heiße Quellen sind die Überbleibsel einer ehemaligen Tätigkeit.



Abb. 52. Karte des Lake Bonneville nach Gilbert. — Basalt: schwarz.

Tabernakel-Krater und Lavafeld, etwa in  $38^{\circ} 54'$  N.Br.,  $112^{\circ}$  W.L., ist während des Provostadiums entstanden. Zwei ineinander geschachtelte Kraterränder stehen über einem nahezu kreisrunden Lavafeld von 4,8 km Durchmesser am SO-Rande. Der Außenrand des Tabernakelvulkans ragt 37 m über das Lavafeld und besitzt einen Durchmesser von 670 m, ein Drittel des Umfanges ist zerstört, dagegen ist der innere Rand geschlossen und besteht aus Schlacken. Der Vulkan begann seine Tätigkeit



mit explosiven Ausbrüchen unter Wasser, das 300 m vom Zentralschlot entfernt zum Absatz kam. Allmählich wuchs der Vulkan über den Wasserspiegel hinaus und bildete eine niedrige, kleine, schwarze Insel im See, in der die Welle ihre Marke einnagen konnte, ehe der See gänzlich eintrocknete.

Die ausklingende Phase war wieder explosiv. Das Lavafeld ist Aalava und bricht in steilen Cliffs ab. Lapilli sind über seine Oberfläche verstreut, und Schlacken und Bomben jeder Art, zum Teil im plastischen Zustand gefördert, liegen in einem Radius von 1,6 km vom Schlot entfernt.

Nur 6,4 km weiter nördlich folgt das Lavafeld und die Vulkane der Icespringgruppe, etwa in  $39^{\circ}$  N. Br.,  $112^{\circ} 20'$  W. L., 16 km NW von Fillmore und 200 km S von Salt Lake City, auf dem alten Seeboden des Lake Bonneville, der heute die Sevierwüste bildet. Das Lavafeld deckt eine Fläche von 20 qkm. Neun ältere und drei frische Kegel aus Asche und Schlacken krönen es. Der größte der letzteren ist der Crescentkrater, gewissermaßen ein Sommarand, 76 m über der Umgebung; sein Durchmesser beträgt 670 m, mehr als die Hälfte des Randes ist durch die Explosion zerstört. Sein zentraler Kegel hat einen Durchmesser von 122 m. Der jüngste der ganzen Gruppe heißt Miter, 76 m über der Westbasis, er reitet auf dem Crescentrand. Sein Krater ist kreisrund, mit einem Durchmesser von 290 m, der Kraterboden liegt 84 m unter dem Rande. Es ist ein Pittkrater, die Lava stieg in ihm hoch, brach auf der Nordseite durch, floß als Strom ab und breitete sich auf der Ebene aus. Nun folgt eine explosive Phase, der Riß verheilte durch Schlacken. Noch ein zweites Mal stieg die Lava im Krater hoch, brach diesmal auf der Westseite durch und hinterließ 23 m über dem Kraterboden einen Riß. Der dritte Krater, Terracekrater, liegt südlich vom Miter, ein terrasierter Pittkrater. Seine Wälle sind niedrig und fallen schwach nach außen ab, sie bestehen aus übereinander gelagerten kompakten Lavaströmen, der obere Rand ist schlackig. Der Krater besitzt einen Durchmesser von 335 und 213 m. Ein Lavasee erfüllte ihn und hinterließ vier Terrassenstufen, die Entleerung erfolgte nach Süden, zurück blieb eine kreisrunde, 79 m tiefe Röhre von 4 m Durchmesser. Die Basaltströme haben zwei Felder gebildet, das eine dehnt sich 5,2 km mit einer Breite von 3 km nach Norden aus, das andere 5,2 km nach Westen mit 2,4 km Breite.

Die Eruptionen der Icespringvulkane begannen nach dem Bonneville-stadium, sie liegen auf dem Seeboden und erreichen nicht das Höhenniveau der Bonneville-Strandmarke, sie zeigen keinerlei Spuren der Benagung durch die Wellen. Die Lavastromränder liegen auch noch unter der Provostrandlinie und sind ebenfalls nicht benagt.

Die Icespringvulkane müssen deshalb auch jünger als das Provo-stadium sein.

Noch 16 km nördlich erhebt sich als weithin sichtbare Landmarke die Pavant Butte, 244 m über der Umgebung, in etwa  $39^{\circ} 56'$  N. Br.,  $112^{\circ}$



| S. 676 |                  | Columbia-Lavaplateau                | L     |
|--------|------------------|-------------------------------------|-------|
| 6      | Basalt           | Naches Pass, Snoqualmi Quadrangle   | 54,64 |
| 12     | Basalt           | Cinder Butte, Snake River Plain     | 59,04 |
| 7      | Augitandesit     | Rockland Ridge bei The Dalles       | 46,60 |
| 8      | Basalt (Andesit) | The Dalles, Columbia River          | 60,24 |
| 9      | Quarzbasalt      | Cherry Creek, John Day Basin        | 59,40 |
| 10     | Andesit          | Halda Canyon, John Day Basin        | 65,96 |
| 11     | Andesit          | Black Jack Mine, Silver City, Idaho | 62,28 |
| 5      | Andesit          | Naches Valley, Snoqualmi Quadrangle | 64,56 |
| 4      | Andesitasche     | John Day Basin                      | 66,84 |
| 3      | Rhyolith         | Antelope Valley, John Day Basin     | 65,86 |
| 2      | Rhyolithtuff     | Belshaws Ranch, John Day Basin      | 59,52 |
| 1      | Rhyolith         | Easton, Snoqualmi Quadrangle        | 59,25 |

30' W. L., 27 km von Fillmore. Der schlanke gelbe Tuffkegel mündet in einen Gipfelkrater, dessen Nordrand zackig erhöht, dessen Südseite offen ist. Die Verfestigung der Lapilli zu einer zusammenhängenden Tuffmasse zeigt, daß ihr Absatz unter Wasser erfolgte. Die höchste Bonneville-Strandmarke schneidet in den Flanken in halber Höhe ein, auch die Provolinie ist an der Basis erkennbar, dagegen fehlt die mittlere Strandmarke. Der Vulkan ist demnach später, aber noch vor dem Bonnevillestadium entstanden, etwa zur Zeit, als der weiße Mergel sich abzulagern begann.

Weiter nach Norden reichen die Spuren sehr jugendlicher Basaltausbrüche bis nach Idaho hinein. Im Blackfootbassin, in ca. 43° N. Br., 112° 10' W. L., erscheinen ähnliche Basaltfelder und sehr jugendliche Schlackenkegel. Der eine 6 m tiefe Krater wird von einem 15 m breiten Schlackenrand von 119 m Durchmesser umgeben, andere Krater sind weniger gut erhalten. Im Gebiet des Mudlake in Idaho, in 43° 55' N. Br., 112° 10' W. L., beschrieb Stearns auf der Basaltebene des Snakeriver eine größere Zahl jugendlicher Vulkangebilde, und zwar vier Typen, Aschenkegel, Lavaschornsteine, domartige Lavakegel und Tuffkegel. Letztere auf einer 11 km langen Linie gereiht, verdanken ihre Bildung Kontaktexplosionen mit dem Grundwasser.

Damit ist der Anschluß an die großen Lavafluten des Columbiaplateaus erreicht. Das herrschende Gestein ist Basalt, in zweiter Linie Rhyolith und Andesit.

### Das Columbia-Lavaplateau.

Die gewaltigsten Äußerungen des tertiären Vulkanismus sind die bereits erwähnten Lavaüberflutungen des Columbia-Lavaplateaus, die vom Gesichtspunkt der Magmenfolgen betrachtet werden müssen.

Es lassen sich zwei Serien unterscheiden:

1. Die ältere Folge. Saure rhyolithische Tuffe und Laven, Andesit- und Basaltströme wurden im mittleren und oberen Eozän ergossen. Hier über-



| M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO   | Mt   |
|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|-------|------|
| 48,36 | —3,00 | 3,72 | 6,22 | 0,58             | 12,38 | 4,36  | 6,54  | 1,80 |
| 40,98 | —0,02 | 5,53 | 3,70 | 1,62             | 3,71  | 4,18  | 11,72 | 1,76 |
| 44,46 | 8,94  | 3,41 | 4,83 | 0,80             | 9,31  | 6,29  | 2,48  | 8,30 |
| 27,96 | 11,80 | 4,14 | 6,78 | 0,36             | 1,57  | 4,71  | 4,27  | 6,86 |
| 28,26 | 12,34 | 4,67 | 5,51 | 0,78             | 8,17  | 0,98  | 4,60  | 0,90 |
| 20,50 | 13,54 | 5,16 | 6,17 | 0,94             | 5,63  | 1,60  | 1,21  | 3,62 |
| 19,16 | 18,56 | 4,24 | 6,74 | 1,18             | 1,18  | —1,40 | 6,36  | 4,08 |
| 15,32 | 20,12 | 6,17 | 3,80 | 1,49             | 2,51  | 0,95  | 3,52  | 1,36 |
| 9,28  | 23,88 | 7,39 | 1,93 | 1,16             | 1,99  | 1,22  | 0,96  | 0,82 |
| 1,30  | 32,84 | 7,97 | 0,46 | 3,07             | 0,13  | —0,26 | 0,45  | 0,14 |
| 5,36  | 35,12 | 6,76 | 1,20 | 5,96             | 0,36  | —0,63 | 1,90  | 0,84 |
| 0,79  | 39,96 | 7,24 | 0,20 | 3,03             | —     | —0,53 | —     | 0,79 |

wiegt das tuffige Material. Die mittelmiozäne Orogenese hat diese ältere Serie gefaltet.

2. Die jüngere Folge. Im oberen Miozän beginnen die gewaltigen Lavaüberflutungen, dauern während des Pliozäns an und reichen bis in die Quartärzeit hinein. Die letzten Äußerungen liegen nicht allzu weit zurück.

Das vorliegende Analysenmaterial reicht für weitere Vergleiche nicht aus. Die Andesite und andesitischen Basalte weisen Analogien zu den Nevada-Coast-Range- und Crater-Lake-Andesiten. Das Zusammenvorkommen von Rhyolithen, Andesiten und Basalten ist hier wie in Mexiko bemerkenswert.

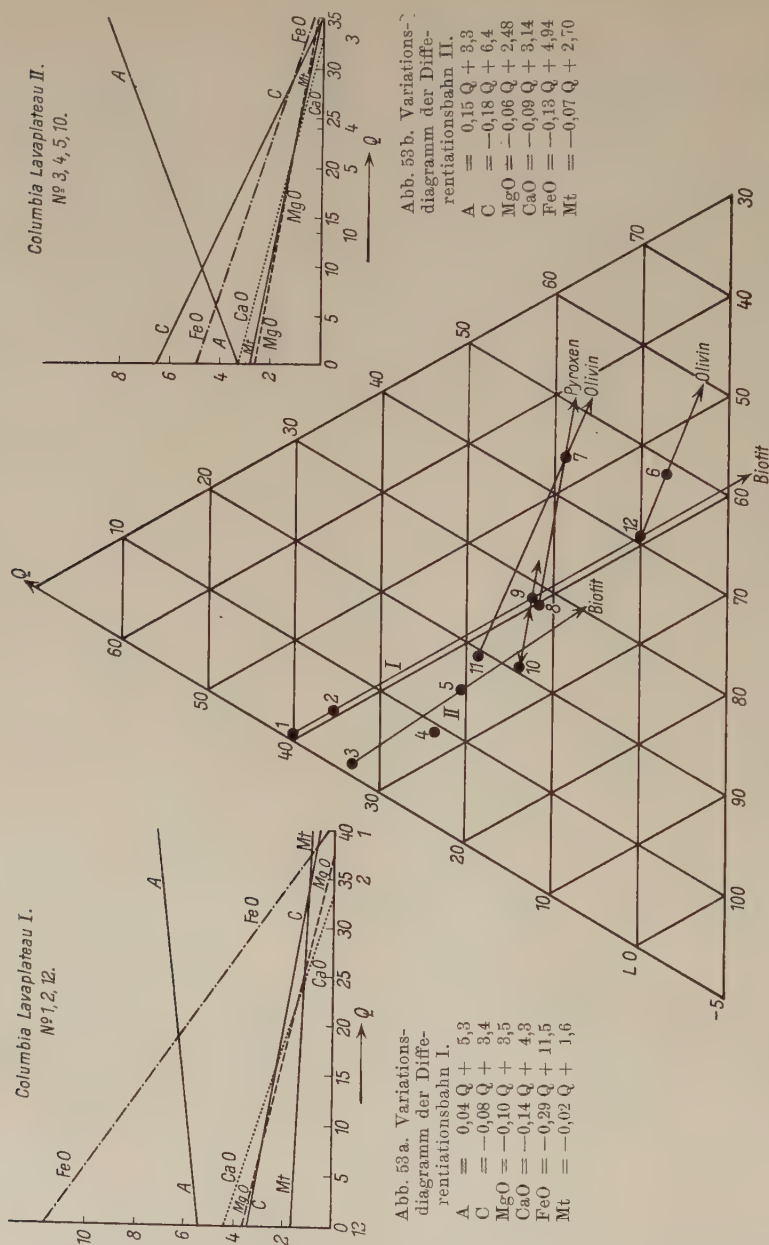
Ein jugendlicher Ausbruchspunkt sind die Glaß Buttes in der Sandwüste, nördlich Lake County in Oregon bei Rolyat, die Aaron Waters beschrieben hat. Über älteren miozänen Basalten liegen die Obsidianströme dieses Rhyolithvulkans. Darüber die jüngsten Basaltströme mit gut erhaltener Oberfläche.

Die Glaß Buttes sind 1210—1524 m hoch und ragen 580 m über die umgebende Wüste. Die ungleichmäßige Färbung der Obsidiane, die roten und braunen Färbungen werden nach Fuller durch Oxydation des Eisens und darauffolgende Schmelzung in den fließenden Breccien bewirkt. Das gilt für alle farbigen Obsidiane.

### Mono-Lake-Vulkangruppe.

Am Ostrand der Sierra Nevada, die in Verwerfungen gegen das Rückland abbricht, zieht sich ein anderer pleistozäner Vulkangürtel entlang. Der Vulkanzug des Monokratergebietes, 20 km S vom Monosee, beginnt ein Zug von über 20 Kraterkegeln in 37° 49' N. Br. Die höchsten und nach dem Erosionszustand ältesten liegen in der Mitte. Bezogen auf den Spiegel des Mono Lake, in 1945 m, heben sich vier größere Kegel heraus von S nach N mit Höhen von 791 m, 799 m, 838 m, 748 m. Die Krater bauen sich aus





Lapilli mit Neigungen bis zu  $30^\circ$  auf. Die eine Gruppe umschließt den Schlot in symmetrischer Ringform und konischer Kraterdepression. Eine andere Gruppe läßt Lavaströme austreten. Die Lavaströme sind schwarze Obsidianströme, die mit ihrer dunklen Farbe von den lichten Lapillikegeln kontrastieren. Zwei größere Lavaströme sind ausgeflossen, der Nordstrom



floß den Kegelhang herab, ohne die Ebene zu erreichen, der größere Südstrom bewegte sich noch 1,6 km über die Ebene, über glazialen Boden. Der Strom ist demnach jünger als das glaziale Rückzugsstadium der quartären Gletscher um den Lake June. Rhyolithische Asche bedeckt allenthalben die Moränen. Die Oberfläche der Ströme ist eckig und rau und besteht zum Teil aus Bimsstein. Die rhyolithische Lava ist im allgemeinen sehr zähflüssig, so daß größere Ströme die Ausnahme bilden. Im Panumkrater, 192 m, hat sie sich zu einem Dom von 46 m Höhe aufgestaut. Er ist der nördlichste der Reihe und jüngste Ausbruchspunkt. Im Monosee selbst liegen zwei Inseln, die größere, südliche Insel, Pakoa,  $38^{\circ}$  N. Br. und  $119^{\circ} 2'$  W. L., wird von hellen Seetonen und -mergeln bedeckt. Ablagerungen des ersten Hochwasserstands = Bonneville Stadium. Auf der NO-Spitze drängt sich eine Gruppe jugendlicher Basaltkrater zusammen. Ein wenig älter als die letzten Gebilde, aber noch subrezent ist der Strom und Krater auf der schwarzen Insel Negrit. Die Lava ist Hypersthenandesit. Zahllose heiße Quellen auf Pakoa sind die Überbleibsel der einstigen Tätigkeit. Black Point am Westufer des Sees ist ein älterer, präquartärer, basaltischer Kegel.

Weiternördlich ist der Aurorakrater in  $36^{\circ} 10'$  N. Br. und  $118^{\circ} 53'$  W. L., ferner eine weitere Gruppe kleiner Krater in  $37^{\circ} 45'$  N. Br. und  $118^{\circ} 53'$  W. L. zu nennen. Weiter lassen sich von da die Spuren in Nevada, im Bereich des pleistozänen Sees Lahontan verfolgen. Im westlichen Teil der Carsonwüste, 3 km von der kleinen Stadt Ragtown und 35 km SO Wadsworth, finden sich etwa in  $39^{\circ} 30'$  N. Br. und  $119^{\circ}$  W. L. zwei Maare. Das größere kreisrunde Maar besitzt einen Kraterwall von 1288 m Durchmesser, der 24 m über den Boden der Wüste aufsteigt und nach innen 50 m bis zum



Abb. 54. Karte des Mono-Lake-Gebietes nach Russel.







Bis in die Gegend des Summer Lake in Südoregon in  $42^{\circ} 4' \text{ N. Br.}$  und  $121^{\circ} \text{ W. L.}$  sind die Spuren der Vulkanzone zu verfolgen.

Die Laven des Monogebietes haben folgende Zusammensetzung:

| S. 630 |                  |              | L     | M    | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |
|--------|------------------|--------------|-------|------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|
| 8      | Rhyolithobsidian | Mono Lake    | 61,08 | 4,30 | 34,62 | 7,41 | 0,45 | 3,25             | 0,52 | 0,46  | 1,11 | 0,12 |
| 7      | Rhyolith         | Mono Craters | 67,92 | 0,26 | 31,82 | 7,96 | 1,06 | 3,05             | 0,13 | —     | —    | —    |
| 9      | Bimsstein        | Mono Lake    | 76,21 | 6,34 | 17,45 | 8,55 | 1,95 | 3,43             | 1,28 | -0,01 | 1,69 | 0,40 |

### Der Vulkanismus der Rocky-Mountains.

Der Vulkanismus der Rocky-Mountains hat sich in zwei Perioden abgespielt. Unmittelbar nach der Faltung des Gebirges im Paleozän = der Zeit der Ablagerung der Fort Union Beds, beginnt der ältere tertiäre Vulkanismus und dauert während der Eozänperiode an. Saure Magmen sind es, die vorzugsweise in Effusionen und Intrusionen aufdringen. Sie haben die ältere saure Tuff- und Breccienformation geschaffen. Saure Andesite, Dazite und Rhyolithe kommen zur Effusion. Die Intrusionen tragen den gleichen Charakter, es sind granodioritische Tiefengesteine, lichte Granite bis Diorite, die den Granodioriten der Sierra Nevada und den columbischen Granodioriten entsprechen. Die Tabelle S. 606 enthält die Gesteinsparameter von Rocky-Mountains-Granodioriten aus dem Abschnitt des Staates Montana.

Im Süden, in Colorado haben diese sauren eozänen Effusivgesteine eine weite Verbreitung. Als Beispiel mag der alte eozäne Rositavulkan genannt werden, im Westen und NW von Rosita,  $38^{\circ} 6' \text{ N. Br.}$  und  $105^{\circ} 10' \text{ W. L.}$ , 40 km SW von Canyon City, zwischen den Wets Mts. und der Sangre-de-Christo-Kette (vgl. Tabelle S. 604).

Eingeleitet wird der gleich nach der Laramiefaltung einsetzende eozäne Vulkanismus durch explosive Ausbrüche der Rositaandesite, augitführende Hornblendeglimmerandesite, sie haben vorherrschend Breccien und Tuffe entwickelt. Analysen an frischem Material fehlen, die Serie ist sehr zersetzt. Nach einer Pause unbekannter Dauer folgt der Erguß der Bunker-Andesite, Augithornblendeglimmerandesite mit Kieselsäure abgesättigt. Für echte Andesite ist der A-Wert zu hoch, die Gesteine sind zu leukokrat, sie kommen in ihrer Zusammensetzung den Trachydoleriten, und zwar den Banakiten nahe. Der Bunker-Andesit setzt die inneren Teile der Hügel zusammen.

Der Bunker-Andesit wird in Form von Stöcken und Gängen vom Fairviewdiorit durchbrochen. Dieses Gestein ist ein essexitischer Diorit mit hohen A-Werten. Weiter folgen die Dazite des Bald Mt., sie sind bestimmt jünger als die Rositaandesite und werden von den jüngeren Rhyolithen durchbrochen. Schärfer lassen sie sich in der Eruptionsfolge nicht fixieren. Das Hauptgestein des Rositavulkangebietes ist ein saurer Rhyolith.



| S. 678 |                                 |       | Rosita-Vulkan,                 |       |       |
|--------|---------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------|
|        |                                 |       | L                              | M     |       |
| 9      | Trachyt                         | Strom | Game Ridge                     | 85,60 | 2,51  |
| 16     | Trachyt                         | Gang  |                                | 90,71 | 1,90  |
| 14     | Pringleandesit (Bi. Aug.)       | Strom | Pringle Hill                   | 77,88 | 12,24 |
| 15     | Pringleandesit                  | Gang  | Pringle Hill                   | 87,76 | 4,78  |
| 3      | Pechstein                       |       | Silver Cliff, Custer Co.       | 45,23 | 1,87  |
| 1      | Rhyolith                        |       | Silver Cliff, Custer Co.       | 57,81 | 1,18  |
| 2      | Pechstein                       |       | Rosita                         | 58,75 | 1,36  |
| 5      | Pechstein                       |       | Fleetwood Tunnel, Silver Cliff | 61,43 | 1,38  |
| 4      | Rhyolith                        |       | Round Mt.                      | 65,23 | 0,92  |
| 6      | Rhyolith                        |       | Pennsylvania Hill              | 67,03 | 3,06  |
| 8      | Dazit                           |       | Bald Mt.                       | 76,94 | 2,97  |
| 7      | Glimmerdazit                    |       | Rosita Hill                    | 77,83 | 2,30  |
| 12     | Augitdiorit, Or führende Fazies |       | Mt. Fairview                   | 90,84 | 18,20 |
| 10     | Augitdiorit                     |       | Mt. Fairview                   | 79,80 | 32,62 |
| 13     | Bunkerandesit (Aug. Bi., Ho.)   |       | Loukout Mt.                    | 83,08 | 15,36 |
|        | Rositaandesit (Ho., Bi., Aug.)  |       | Rosita                         |       |       |

Er erscheint in Gängen, Schloten und Strömen. Die Rhyolithe sind teils gebändert, teils sphärolithisch oder als Pechsteingläser entwickelt. Spalteneruptionen dünnflüssiger Magmen oder Zentraleruptionen des explosiven Typus haben diese sauren Gesteine gefördert. Breccien, Tuffe und Schlammablagerungen spielen neben den Laven eine große Rolle. Letztere enthalten eine eozäne Flora, die die Rhyolithergüsse stratigraphisch einzuordnen gestattet. Noch jünger ist der Pringleandesit, denn er durchbricht den Rhyolith. Auch er hat für einen echten Andesit zu hohe A-Werte. Die Pringleandesite nähern sich den Trachyten, ihre Zusammensetzung kommt gewissen leukokraten Latiten, die in Colorado besonders stark zur Entwicklung gekommen sind, nahe. Ströme und Gänge von Trachyt schließen die Eruptionsfolge ab.

Eine Sonderstellung besitzt der mit den Basilickagglomeraten erfüllte Neck, am Mt. Tyndall, 2902 m, im NW von Rosita. Der Schlot nimmt ein ovales Areal ein. In den Agglomeraten kommen Bruchstücke des Rosita-, Bunker- und Pringleandesits vor, er scheint deshalb der jüngste Ausbruchspunkt zu sein. Der Rhyolith schneidet den Schlot ab, hier sind die Aufschlüsse nicht eindeutig.

Der alte eozäne Vulkan ist tief erodiert und in eine Anzahl von Hügeln, die sich 100—200 m über ihre Umgebung erheben, aufgelöst.



## Colorado.

| Q      | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge  |
|--------|-------|------|------------------|------|-------|------|------|---|
| 11,89  | 9,98  | 1,15 | 4,28             | 0,68 | -1,16 | —    | 1,15 |   |
| 7,39   | 10,35 | 1,91 | 3,88             | 0,27 | -0,27 | 0,27 | 0,82 |   |
| 9,88   | 7,66  | 4,15 | 2,88             | 2,67 | 1,41  | 0,84 | 2,40 | 8. Trachyt  |
| 7,46   | 9,64  | 2,66 | 3,35             | 1,09 | 0,14  | 0,13 | 2,06 |   |
| 52,90  | 3,67  | 3,22 | 1,87             | 0,60 | -2,99 | —    | 0,67 | 7. Pringleandesit   |
| 41,01  | 6,74  | 0,59 | 4,76             | 0,26 | -1,53 | 0,20 | 0,26 |   |
| 39,89  | 6,85  | 0,68 | 3,73             | 0,34 | -1,23 | 0,07 | 0,54 |   |
| 37,19  | 7,16  | 0,83 | 2,96             | 0,28 | -0,83 | 0,13 | 0,56 | 6. Rhyolithe, Tuffe und Breccien                          |
| 33,85  | 7,98  | 0,33 | 5,87             | 0,20 | -0,07 | 0,13 | 0,26 | 5. Bassilickagglomerate des Mt. Tyndall u. Bassilick Hill |
| 29,91  | 7,33  | 1,93 | 3,60             | 1,00 | -0,67 | —    | 1,06 |   |
| 20,09  | 7,83  | 3,44 | 2,63             | 0,81 | -0,54 | —    | 1,35 | 4. Dazite   |
| 19,87  | 8,57  | 2,03 | 3,17             | 0,61 | -1,15 | —    | 1,08 | 3. Fairviewdiorit   |
| -9,04  | 9,11  | 4,49 | 3,31             | 3,86 | 2,41  | 1,31 | 3,04 | 2. Bunkerandesite   |
| -12,42 | 7,55  | 4,85 | 2,56             | 5,86 | 5,73  | 2,97 | 3,50 |   |
| 1,56   | 8,31  | 4,15 | 2,77             | 4,01 | 1,18  | 0,90 | 3,18 | 1. Rosita Andesite, Breccien, Tuffe                       |
|        |       |      |                  |      |       |      |      |   |

Der Rosita und Silver-Cliff-Distrikt wird von Verwerfungen durchschnitten. Auf Klüften und Adern haben Erzlösungen Silbererze und Sulfide von Pb, Zn und Fe abgesetzt, die herrschende Gangart ist Baryt. Die Erzadern schneiden den Trachyt, ihre Fällung ist also nach seiner Eruption erfolgt. Zwischen Mt. Tyndall und Bassilick Hill durchbricht ein 1 m mächtiger, dichter, schwarzer Limburgitgang das Bassilickagglomerat. Der Olivin ist vollkommen frisch. Seine Eruption ist also nach der Füllung erfolgt. Damit läßt sich die Zeit der Entstehung der Erzlagerstätten festlegen, sie fällt mit dem Fumarolen- und postvulkanischen Stadium des eozänen Rositavulkans zusammen. Die Ag-, Pb-, Zn-Lösungen sind, wie Emmons analytisch nachzuweisen versucht, aus den melanokraten Bestandteilen der Gesteine des Untergrunds durch die vulkanischen Emanationen ausgezogen worden. Feldspat und Quarz erwiesen sich von Silber und Blei frei.

## Der Cripple-Creek-Vulkan.

Ein anderer tertiärer Vulkan ist der Cripple-Creek-Vulkan in Colorado, er liegt in 38° 45' N.Br., 105° 11' W.L., am Ostrande eines zerschnittenen Plateaus aus Graniten, Gneisen und Schieferen, zwischen Mosquito und Sangre de Christo Range. Von diesem Vulkan ist



## Rocky-Mts.-Granodiorite.

S. 702—715, 712

|       |                     |                |                               | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|-------|---------------------|----------------|-------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|
| I 1   | Granit              | Typus Yosemite | Boulder, Montana              | 63,20 | 10,84 | 25,96 | 6,08 | 3,64 | 3,17             | 2,91  | 0,39  | 1,46 | 1,32 |
| I 6   | Quarzonzonit        | Typus Yosemite | Red Rock-Creek, Boulder       | 62,88 | 16,66 | 20,46 | 5,44 | 4,84 | 2,62             | 4,77  | 1,01  | 1,14 | 2,82 |
| I 4   | Quarzonzonit        | Typus Yosemite | Gagnon Mine, Butte            | 63,12 | 14,04 | 22,84 | 5,75 | 4,28 | 2,81             | 3,48  | 0,87  | 1,73 | 1,88 |
| I 5   | Quarzonzonit        | Typus Yosemite | Wakerville Station, Butte     | 65,60 | 12,86 | 21,54 | 6,02 | 4,36 | 3,01             | 3,55  | 0,40  | 1,61 | 1,74 |
| I 7   | Diorit              | —              | Red Mts., Butte               | 67,20 | 27,80 | 5,00  | 5,34 | 6,12 | 1,78             | 6,52  | 4,02  | 2,90 | 0,92 |
| II 9  | Granodiorit         | Elektrik Peak  | Haystock-Stock, Park Co.      | 64,88 | 13,22 | 21,90 | 6,61 | 3,00 | 2,47             | 4,14  | 1,07  | 0,20 | 2,40 |
| II 10 | Granodiorit-porphyr | Elektrik Peak  | Haystock-Stock, Park Co.      | 66,08 | 12,88 | 21,04 | 5,97 | 4,58 | 1,79             | 3,45  | 0,73  | 1,20 | 2,12 |
| II 11 | Quarzdiorit         | Elektrik Peak  | Haystock, Park Co.            | 66,92 | 22,00 | 11,08 | 5,60 | 5,53 | 1,40             | 4,60  | 3,20  | 1,80 | 2,80 |
| II 13 | Orthoklasgabbro     | Elektrik Peak  | Haystock, Park Co.            | 63,48 | 35,30 | 1,22  | 5,53 | 4,81 | 1,91             | 8,56  | 3,89  | 4,01 | 2,38 |
| II 12 | Orthoklasgabbro     | Elektrik Peak  | Haystock, Park Co.            | 64,96 | 29,78 | 5,26  | 5,54 | 5,16 | 2,00             | 7,89  | 2,79  | 2,67 | 3,08 |
| II 14 | Olivingabbro        | —              | Haystock, Park Co.            | 54,72 | 48,44 | -3,16 | 3,20 | 7,28 | 0,65             | 12,77 | 4,77  | 5,17 | 3,02 |
| VI 8  | Quarzonzonit        | Typus Yosemite | Elkhorn Mt.                   | 64,08 | 12,34 | 23,58 | 5,90 | 4,22 | 2,95             | 2,95  | 0,81  | 1,40 | 2,02 |
| VI 9  | Glimmerdiorit       | Opdalitisch    | Elkhorn Mt.                   | 66,52 | 21,22 | 12,26 | 6,03 | 4,57 | 2,92             | 6,36  | 1,33  | 1,93 | 1,98 |
| II 11 | Gabbro              | Opdalitisch    | Black Butte, Elkhorn Mt.      | 70,36 | 17,64 | 12,00 | 6,80 | 4,39 | 3,03             | 3,57  | 1,14  | 3,17 | 1,88 |
| II 1  | Granit              | —              | Elk Peak, Castle Mts.         | 66,00 | 3,76  | 30,24 | 7,96 | 0,58 | 3,45             | 0,27  | 0,68  | 0,27 | 1,32 |
| II 2  | Dioritischer Syenit | —              | Cottonwood Creek, Castle Mts. | 78,52 | 12,46 | 9,02  | 8,31 | 3,01 | 2,75             | 3,08  | 0,87  | 1,28 | 2,00 |
| II 3  | Diorit              | —              | Robinson, Castle Mts.         | 75,20 | 25,14 | -0,34 | 6,95 | 4,90 | 2,32             | 6,02  | 1,39  | 4,50 | 1,32 |
| I 11  | Quarzdiorit         | Elektrik Peak  | Woodchopper Gulch, Marysville | 68,32 | 10,76 | 20,92 | 6,12 | 4,84 | 2,02             | 2,56  | 0,81  | 1,00 | 2,02 |
| I 12  | Diorit              | Elektrik Peak  | Mt. Belmont, Marysville       | 63,68 | 33,44 | 2,88  | 5,28 | 5,36 | 2,08             | 7,72  | 3,72  | 3,25 | 4,06 |
| I 2   | Granodiorit         | Elektrik Peak  | Anaconda Range                | 64,72 | 5,82  | 29,46 | 6,61 | 2,91 | 2,31             | 1,72  | -0,20 | 0,93 | 0,52 |
| I 3   | Quarzonzonit        | Elektrik Peak  | Mill Creek, Bitterroot Range  | 66,78 | 3,02  | 30,20 | 7,16 | 2,23 | 2,89             | 0,59  | -0,58 | 0,79 | 0,26 |



lediglich die Ausfüllung des Necks übrig geblieben. Im Gegensatz zu den vorigen Rositavulkanen ist hier ein phonolithisches Magma emporgedrungen. Für die Altersbestimmung ist ein Konglomerat und Kieshorizont über der erodierten Granit- und Gneisplateaulandschaft und unter der tertiären Vulkanformation von entscheidender Bedeutung. Diese sog. „Grits“ sind am Grouse Hill und Straub Mt. aufgeschlossen und treten dort in Verbindung mit Rhyolithen auf. Diese Ablagerungen enthalten noch kein phonolithisches Material, sondern nur granitisches und anderes aus dem Untergrund, sie sind also zweifellos älter als der Vulkan. Diese „Grits“ ähneln gewissen oberkarbonischen Sandsteinen der Fountainformation. Da aber der zweifellos tertiäre Rhyolith dazwischen liegt, stellte sie Cross den miozänen Seeablagerungen des High Park äquivalent. Später hat Gratton nachgewiesen, daß die Rhyolithe Intrusionen in die Grits gemacht haben, also jünger sind, somit fällt das Cross'sche Argument für die Altersbestimmung. Die fraglichen Sandsteine können daher entweder die Reste von oberkarbonischen oder alttertiären Ablagerungen sein. Ransome glaubt in ihnen den Detritus der ersten großen Explosion zu erkennen, die den Cripple-Creek-Vulkanschlot ausgeblasen hat. Da aber die Rhyolithe dem Cripple Creek völlig fremd sind und ihre Intrusion in die Tätigkeitsperiode des Vulkans fallen würde, überzeugt diese Deutung bei dem Fehlen jeden phonolithischen Materials nicht ganz. Es liegt jedenfalls näher, die Rhyolithe mit den in Colorado so verbreiteten sauren eoziänen Eruptionen in Zusammenhang zu bringen. Die Phonolithe des Cripple Creek sind dann jünger als die „Grits“ mit ihren Rhyolithintrusionen und fallen in das Miozän, und zwar nach Analogie ähnlicher, weiter im Norden zur Eruption gelangter Magmen in das Obermiozän. Der Cripple-Creek-Vulkan gehört somit der zweiten jüngeren vulkanischen Phase der Rocky-Mountains an, er ist jünger als der Rositavulkan. Es ändert sich damit an der Feststellung des Alters nicht viel. Der Vulkanschlot ist mit einer phonolithischen Breccie ausgefüllt, in der stockförmig dem Phonolith nahestehende Gesteine auftreten, wie Latitphonolithe, Gesteine, die zwischen Phonolithen und Latiten stehen, ferner Syenite, Nephelinsyenite usw. Basische Gänge, wie Trachydolerite und verwandte Gesteine sind die jüngsten Produkte des Vulkans. Auch verkohlte Pinienstämme wurden in der Breccie gefunden. Die Übersicht S. 608 gibt die Zusammensetzung der Cripple-Creek-Gesteine an, die sicherlich einem einzigen phonolithischen Magma entstammen. Ströme und Oberflächengesteine sind nicht festgestellt und mit dem Vulkankegel der Erosion zum Opfer gefallen.

Das Magma ist anfänglich nahezu intermediär. Syenite und Latitphonolithe eröffnen die Eruptionsfolge. Letztere kommen in ihrer Zusammensetzung den Banakiten des Yellowstone-Parks nahe, wie weiter unten gezeigt werden soll.



|            |                |                    | Cripple |       |
|------------|----------------|--------------------|---------|-------|
|            |                |                    | L       | M     |
| S. 680—683 |                |                    |         |       |
| 20         | Analzimbassalt | The Basin          | 56,08   | 57,44 |
| 19         | Monchiquit     | Cripple Creek      | 58,40   | 55,04 |
| 17         | Vogesit        | Jennie Sample Mine | 82,36   | 30,24 |
| 16         | Trachydolerit  | Isabella Dike      | 74,68   | 35,14 |
| 15         | Trachydolerit  | Bull Cliff         | 81,28   | 26,36 |
| 25         | Nephelinbasalt | Appie Ellen Shaft  | 43,68   | 77,86 |
| 26         | Phonolith      | Mitre Peak         | 111,68  | 9,44  |
| 24         | Phonolith      | Straub Mt.         | 109,76  | 9,38  |
| 23         | Phonolith      | Florissat-Manitou  | 112,76  | 3,93  |
| 22         | Phonolith      | Big Bull Mt.       | 110,04  | 4,22  |
| 21         | Phonolith      | Rhyolith Mt.       | 108,12  | 5,86  |
| 18         | Phonolith      | Bull Cliff         | 104,64  | 8,30  |
| 13         | Latitphonolith | Anaconda Mine      | 85,08   | 14,82 |
| 14         | Syenit         | Portland Mine      | 83,44   | 23,24 |
| 12         | Latitphonolith | Portland Mine      | 82,60   | 16,82 |
| 11         | Biotittrachyt  | Portland Mine      | 93,48   | 2,76  |

Dann folgen als Hauptphase die Phonolithe, weiter basische Gänge, wie Nephelinbasalte, Trachydolerite, die sich den Shoshoniten nähern, zuletzt Vogesite, Monchiquite und Analzimbassalte.

Das Plateau, dem der Vulkan aufgesetzt war, besitzt eine Meereshöhe von 2700—3000 m. Der Vulkankegel stieg, wie man aus den Profilen herauslesen kann, etwa bis zu 4000 m an, 600—700 m sind demnach abgetragen. In dieser Teufe unter der einstigen Bildungsoberfläche bewegt sich der heutige Goldbergbau.

Die erzführenden Spalten nehmen ein Areal ein, das nur wenig über die Umriss des Necks hinausgeht. Sie verlaufen zum Vulkan mehr radial, wie die jüngeren Gänge. Mit den Spalten sind zum Teil Verwerfungen verbunden. Die Erzfüllung ist nach der Intrusion der basischen Gänge erfolgt. Verglichen mit dem Rositavulkan ist mit dem Wechsel des Magmas auch der Charakter der Erze ein anderer geworden.

Nicht Silber, sondern die Kombination Gold—Tellur macht die Eigenart der Cripple-Creek-Lagerstätte aus. Calaverit und andere Goldtellurerze sind die Haupterze, als Gangarten herrschen Quarz, Flußspat und Dolomit. Die Erze sind die Absätze der Fumarolen und postvulkanischen Phase des Vulkans. Die heißen Lösungen sind alkalischer Natur gewesen, Schwefelnatrium und Alkalibikarbonate — und Silikate die Hauptlösungsgegnossen. Ungewöhnlich ist das Auftreten von Coelestin an Stelle des Baryts. Das Bildungsniveau lag nahe unter der Oberfläche.

Ransome schätzt die Temperatur auf 100—200°, bei einem Druck von etwa 100 Atm.



## Creek.

| Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge |
|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|----------------|
| —13,52 | 5,54  | 2,94  | 0,73             | 13,96 | 10,29 | 2,40 | 4,14 | 4. Phase       |
| —13,44 | 5,83  | 2,94  | 2,46             | 12,56 | 11,10 | 1,82 | 4,08 |                |
| —12,60 | 8,98  | 2,63  | 4,38             | 5,55  | 6,65  | 0,58 | 4,68 |                |
| —9,82  | 7,21  | 4,25  | 2,47             | 7,82  | 6,32  | 1,23 | 4,40 | 3. Phase       |
| —7,64  | 8,13  | 4,06  | 2,24             | 5,33  | 5,12  | 0,14 | 5,18 |                |
| —21,54 | 4,02  | 2,88  | 1,67             | 17,46 | 16,44 | 2,52 | 5,02 | 2. Phase       |
| —21,12 | 15,07 | —1,11 | 3,89             | 0,21  | 0,83  | 0,35 | —    |                |
| —19,14 | 14,70 | —0,98 | 4,13             | 0,28  | 0,98  | 0,49 | —    |                |
| —16,69 | 13,99 | 0,21  | 4,20             | —     | 1,24  | —    | 1,45 |                |
| —14,26 | 13,65 | 0,21  | 4,22             | 0,21  | 1,13  | 0,07 | 1,40 |                |
| —13,98 | 13,48 | 0,07  | 3,95             | 0,64  | 1,48  | —    | 1,62 |                |
| —12,94 | 12,98 | 0,20  | 4,28             | 0,62  | 2,22  | 0,62 | 1,38 |                |
| 0,10   | 9,40  | 2,47  | 2,95             | 2,67  | 3,02  | 0,21 | 3,02 | 1. Phase       |
| —6,68  | 8,54  | 3,78  | 3,36             | 5,04  | 3,22  | 1,68 | 3,36 |                |
| 0,58   | 8,54  | 3,57  | 3,10             | 3,51  | 2,35  | 0,76 | 3,58 |                |
| 3,76   | 11,04 | 1,10  | 4,14             | 1,94  | —     | —    | 2,57 |                |

Die geothermische Tiefenstufe wurde in diesem Distrikt zu 1° auf 32,92 m gefunden, entspricht also dem normalen Wert.

## Der Yellowstone-Nationalpark.

Besonders gut aufgenommen ist der Yellowstone-Park durch die grundlegenden Arbeiten von Hague und Iddings. Dieses breite Vulkangebiet liegt in 2400 m Meereshöhe und ist von hohen Randgebirgen eingeschlossen. Das tektonische Bild ist das gleiche: alte Granite, Gneise, Schiefer, algonkischer Sheridanquarzit und durch eine Diskordanz getrennt die Schichten Cambrium bis Kreide sind am Ende der Laramiezeit gefaltet und gehoben. Nach Einebnung der Falten liegt das eozäne Pinyonkonglomerat diskordant über diesem Schichtenstoß.

Der junge Vulkanismus spielt sich in zwei Abschnitten ab, im Eozän und im Obermiozän.

## 1. Dereozäne Vulkanismus.

Im Anschluß an die Rocky-Mountains-Faltung im Paleozän, der Zeit der Ablagerung der Fort Union Beds, beginnen die Intrusionen und Effusionen saurer Magmen. Eruptionen von vorherrschend explosivem Typus schufen die ältere saure Tuff- und Breccienformation; in den Tuffen findet sich die eozäne Absarokaflora. Saure Andesite, Hornblendeglimmerandesite und Dazit sind die herrschenden Gesteine. Die Intrusionen sind in körnig porphyrischer Fazies entwickelt, so z. B. der Indian-Creek-Lakkolith, der Bysmalith des Mt. Holmes (vgl. Tabelle S. 610).



| S. 686—694 |                       | Yellowstone-Park. |                 |               | L     |
|------------|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------|
| 2          | Dazitporphyr          | Bysmalith         | Eozän,          | Mt. Holmes    | 57,15 |
| 3          | Dazitporphyr          | Stock             | 1. ältere saure | Echo Peak     | 58,86 |
| 11         | Glimmerdazitporphyr   | Stock             | Breccien-       | Bunsen Peak   | 65,54 |
| 4          | Trachyt, Rhyolith     | Strom             | formation       | Crescent Hill | 65,83 |
| 6          | Hornblende-           |                   | mit sauren      | Fanx Creek    | 65,23 |
|            | Glimmerandesitporphyr |                   | Intrusiva       |               |       |
| 3          | Dazit                 | Breccie           |                 | Sepulchre Mt. | 65,12 |
| 1          | Hornblende-           | Lakkolith         |                 | Indian Creek  | 68,80 |
|            | Glimmerandesitporphyr |                   |                 |               |       |
| 2          | Andesit               | Breccie           |                 | Crescent Hill | 72,63 |
| 7          | Hornblende-           |                   |                 | Gray Mt.      | 73,95 |
|            | Glimmerandesitporphyr |                   |                 |               |       |
| 5          | Hornblende-           |                   |                 | SW-Gipfel,    | 63,68 |
|            | Glimmerandesitporphyr |                   |                 | Electric Peak |       |
| 1          | Andesit               | Breccie           |                 | Tower Creek   | 66,12 |

| S. 688—691 |                           | Yellowstone-Park, Elektric Peak. |               |               | L     |
|------------|---------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|-------|
| 23         | Quarzglimmerdioritporphyr | Herz                             | Miozän,       | Electric Peak | 65,52 |
| 20         | Quarzglimmerdioritporphyr | Herz                             | 2. ältere     | Electric Peak | 61,39 |
| 21         | Diorit                    | Herz                             | basische      | Electric Peak | 66,02 |
| 17         | Diorit                    | Herz                             | Breccien-     | Electric Peak | 66,76 |
| 15         | Diorit                    | Herz                             | formation,    | Electric Peak | 68,32 |
| 6          | Hornblendeglimmerandesit  | Herz                             | Electric Peak | Cache Lake    | 65,42 |
| 5          | Hornblendeproxenandesit   | Breccie                          | Vulkan        | Sepulchre Mt. | 67,96 |
| 7          | Hornblendeglimmerandesit  | Nordbasis                        |               | Sepulchre Mt. | 69,12 |
| 3          | Hornblendeproxenandesit   |                                  |               | NO Cache Lake | 56,76 |
| 1          | Pyroxenandesit            | Gipfel                           |               | Sepulchre Mt. | 61,60 |
| 4          | Pyroxenandesit            | Strom                            |               | Sepulchre Mt. | 64,44 |
| 2          | Hornblendeandesit         | Breccie                          |               | Sepulchre Mt. | 69,68 |

| S. 692 |                           | Crandallvulkan. |           |                  | L     |
|--------|---------------------------|-----------------|-----------|------------------|-------|
| 16     | Aplit                     | Herz            | Miozän,   | Hurricane Mesa   | 64,51 |
| 15     | Quarzglimmerdioritporphyr | Herz            |           | Hurricane Mesa   | 70,24 |
| 13     | Quarzdiorit               | Herz            | 2. ältere | Hurricane Mesa   | 72,80 |
| 10     | Monzonit                  | Herz            | basische  | O Hurricane Mesa | 71,00 |
| 11     | Pyroxendioritporphyr      | Lagergang       | Breccien- | Hurricane Mesa   | 74,96 |
| 9      | Diorit                    | Herz            | formation | Hurricane Mesa   | 79,56 |
| 8      | Orthoklasgabbrodiorit     | Herz            | Crandall  | Hurricane Mesa   | 74,36 |
| 7      | Orthoklasgabbrodiorit     | Herz            |           | Hurricane Mesa   | 73,08 |
| 6      | Basaltandesit             | Breccie         |           | Indian Peak      | 76,68 |
| 4      | Basalt, porphyrisch       | Herz            | Vulkan-   | Hurricane Mesa   | 58,32 |
| 1      | Gabbroporphyr             | Herz            |           | Hurricane Mesa   | 55,12 |
| 2      | Basalt                    | Strom           |           | Timber Creek     | 65,92 |
| 3      | Basalt                    | Gang            |           | Hurricane Mesa   | 66,00 |



| M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge                         |
|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|--|
| 2,97  | 39,88 | 5,54 | 2,16 | 0,88             | 0,88 | -4,19 | —    | 1,21 | Eozäne<br>Vulkanphase<br>Sauer, Dazit, |
| 2,04  | 39,60 | 6,58 | 0,92 | 1,91             | 0,79 | -2,04 | —    | 0,46 |  |
| 2,58  | 31,88 | 6,59 | 3,05 | 2,41             | 0,14 | -0,62 | —    | 2,30 |  |
| 6,28  | 27,35 | 6,75 | 2,16 | 2,09             | 1,89 | -3,19 | 0,98 | 2,08 |  |
| 9,10  | 25,67 | 5,95 | 4,14 | 1,20             | 3,41 | -1,07 | 0,07 | 2,14 |  |
| 9,90  | 24,98 | 6,63 | 3,02 | 1,97             | 2,36 | 1,64  | —    | 2,09 | Basisch, Andesite                      |
| 7,60  | 23,60 | 5,39 | 6,42 | 0,97             | 2,21 | 0,07  | —    | 3,04 |  |
| 4,93  | 22,44 | 6,46 | 5,05 | 1,68             | 1,42 | -0,75 | —    | 2,09 |  |
| 8,44  | 17,61 | 7,92 | 2,40 | 1,73             | 2,99 | -0,99 | —    | 2,46 |  |
| 19,16 | 17,16 | 4,93 | 6,06 | 1,15             | 5,19 | 1,02  | 1,75 | 3,24 |  |
| 21,56 | 12,32 | 7,01 | 2,51 | 1,59             | 5,88 | 3,24  | —    | 3,32 |  |

| M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge                                       |
|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|--|
| 5,41  | 29,07 | 6,50 | 3,38 | 1,77             | 1,56 | 0,12  | —    | 2,05 | Miozän<br>Electric-Peak-Vulkan<br>Sauer, Quarzdiorit |
| 10,26 | 28,35 | 5,52 | 3,99 | 1,86             | 3,53 | -1,27 | 0,54 | 2,12 |  |
| 10,68 | 23,30 | 6,19 | 3,94 | 1,76             | 3,40 | -0,74 | 0,52 | 2,77 |  |
| 12,36 | 20,88 | 6,07 | 4,55 | 2,16             | 3,50 | 0,13  | 1,43 | 2,24 |  |
| 25,72 | 5,96  | 6,92 | 3,24 | 2,30             | 6,75 | 3,01  | 1,48 | 3,24 |  |
| 9,34  | 25,24 | 5,91 | 4,10 | 1,75             | 3,36 | -1,74 | —    | 2,62 | Basis. Andesit, Diorit                               |
| 15,50 | 16,54 | 6,07 | 4,85 | 1,70             | 4,10 | 1,98  | —    | 3,34 |  |
| 16,04 | 14,84 | 7,69 | 1,90 | 1,91             | 4,86 | 0,86  | 1,58 | 1,44 |  |
| 32,12 | 11,12 | 5,26 | 3,67 | 1,93             | 9,13 | 4,20  | 0,26 | 4,94 |  |
| 27,38 | 11,02 | 4,30 | 6,80 | 1,19             | 8,33 | 1,92  | 1,79 | 3,30 |  |
| 27,12 | 8,44  | 5,04 | 6,03 | 1,44             | 7,93 | 1,70  | 2,95 | 1,96 |  |
| 27,52 | 2,80  | 6,06 | 5,30 | 1,56             | 7,11 | 1,60  | 3,44 | 3,22 |  |

| M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge                                 |
|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|--|
| 4,60  | 30,89 | 7,18 | 1,52 | 3,36             | 1,25  | -0,99 | 0,52 | 1,06 | Miozän<br>Crandallvulkan<br>Sauer, Quarzdiorit |
| 11,44 | 18,32 | 7,20 | 3,16 | 2,76             | 3,56  | 1,08  | 0,07 | 2,02 |  |
| 10,92 | 16,28 | 7,00 | 4,20 | 2,13             | 2,73  | 1,33  | 0,13 | 2,54 |  |
| 21,60 | 7,40  | 6,36 | 5,03 | 2,14             | 5,97  | 1,94  | 1,28 | 3,22 |  |
| 18,84 | 6,20  | 6,67 | 5,40 | 2,33             | 5,54  | 1,14  | 1,21 | 3,06 |  |
| 17,38 | 3,06  | 7,16 | 5,57 | 2,61             | 4,29  | 1,19  | 2,14 | 2,14 | Basisch,<br>Gabbro, Basalt                     |
| 21,94 | 3,70  | 6,62 | 5,35 | 2,14             | 5,69  | 1,74  | 2,20 | 2,68 |  |
| 25,84 | 1,08  | 6,40 | 5,47 | 1,85             | 6,53  | 1,78  | 3,62 | 1,98 |  |
| 17,70 | 5,62  | 6,34 | 6,49 | 2,23             | 5,72  | 0,27  | 0,70 | 4,32 |  |
| 41,56 | 0,12  | 4,47 | 5,64 | 1,34             | 11,58 | 4,40  | 3,52 | 2,56 |  |
| 47,34 | -2,46 | 4,27 | 5,24 | 1,40             | 14,17 | 5,10  | 2,93 | 2,94 |  |
| 37,44 | -3,36 | 5,69 | 5,10 | 2,35             | 11,38 | 2,51  | 3,31 | 3,04 |  |
| 37,38 | -3,38 | 5,72 | 5,06 | 2,26             | 11,31 | 2,59  | 3,26 | 3,06 |  |



## 2. Der obermiozäne Vulkanismus.

In das Ende des Mittelmiozäns fällt die Hauptphase der südamerikanischen Andenfaltung. Eine derartige bedeutende orogenetische Phase blieb auch für Nordamerika nicht ohne Einfluß, obschon hier die faltungsreifen Geosynklinalen bereits gefaltet waren. Größere tektonische Bewegungen kamen zur Auslösung, und mit den vertikalen Verschiebungen wird der Vulkanismus auch neu belebt. Die obermiozänen Magmen tragen einen vorherrschend basischen Charakter, der sich bei fortschreitender Differentiation nach der sauren Seite entwickelt. Anfänglich ist der pazifische Charakter noch gewahrt, dann aber vollzieht sich ein Wechsel. Gegen Ende der vulkanischen obermiozänen Phase beherrschen monzonitische Magmen die magmatische Provinz.

Der obermiozäne Vulkanismus beginnt mit der älteren basischen Breccien- und Tuff-Formation, stellenweise von großer Mächtigkeit, Ablagerungen dunkler basischer Auswürflinge mit eingeschalteten Basaltströmen und Decken. In den Tuffen finden sich verkieselte Baumstümpfe und eine obermiozäne Lamarflora. Nach oben mehren sich die Ströme und Decken. Das ganze System schwillt zu 1000 m Mächtigkeit und mehr an. Einzelne größere Vulkane haben diese Massen gefördert. Heute sind sie Ruinen, bis in ihren Kern freigelegt. In dieser basischen vulkanischen Formation erscheinen Intrusiva in Form von Stöcken und Gängen, die man als Gruppe der Sunlight-intrusiva zusammenfassen kann. Zwei dieser alten Vulkane seien näher besprochen.

### Der Elektrik-Peak-Vulkan.

Es ist der ältere Vulkan, und noch von reinem pazifischen Typus. 45° N. Br., 110° 50' W. L. ist seine Position. Eine Verwerfung von 1524 m Sprunghöhe geht mitten durch den zentralen Förderschlot, die Sepulchre Mts. in dem abgesunkenen Ostflügel sind Teile des Vulkanmantels, während der Westflügel den intrusiven Vulkankern im Elektrik Peak freigelegt hat. Von Pyroxen- und Hornblendeandesiten, die fast gerade mit Kieselsäure abgesättigt sind, läuft die Entwicklung zu sauren Daziten, vom Diorit zu Quarzglimmerdioriten und Dioritporphyriten (vgl. Tabelle S. 610).

### Der Crandallvulkan.

Der jüngere Crandallvulkan, ein Vulkan von Ätnagröße, der sich etwa 4000 m über seine Umgebung erhob, liegt in 44° 50' N. Br., 109° 50' W. L., in der Absaroka Range, am Ostrand des Yellowstone-Parks. Seine Tätigkeit fällt in die Zeit nach den Bewegungen, die den vorigen Vulkan durch-



schnitten haben. Er ist nach seinem Erlöschen weitgehend abgetragen worden, bis in sein Herz, das aus kristallinen gabbroartigen Intrusivgesteinen besteht. 3000 m dürfte die Erosion entfernt haben, und zwar in der Hauptsache bereits, ehe die pliozänen Rhyolithe zum Erguß kamen.

Im Crandallvulkan vollzieht sich der Wechsel des Magmas (vgl. Tabelle S. 610).

Auf die ältere basische Breccien- und Tuff-Formation mit ihren Basaltdecken folgt eine jüngere saure Breccien- und Tuff-Formation von Andesiten mit Hornblende, Glimmer und Pyroxen bis Daziten. Sie hat eine geringere horizontale Verbreitung, so in der Absaroka Range, die Tuffe führen die obermiozäne Lamarflora. Darüber folgen die jüngeren basischen Breccien und Tuffe den älteren Äquivalenten ähnlich. Diese Formation erlangt eine Mächtigkeit von 600—900 m. Sie liegt zum Teil unmittelbar über der älteren basischen Breccienformation und bildet die Höhen und Gipfel des Plateaus. An wenigen Stellen liegen noch jüngere Basaltdecken darüber.

In dieser jüngeren Formation treten nun Intrusiva auf in Form von Stöcken, Lagergängen und Gängen. Man kann diese jüngeren Intrusiva als Gruppe der Ishawoa-Intrusiva zusammenfassen. Es sind einmal Diorite, Andesitporphyre und dann monzonitische Magmen, die als Banakite, Stöcken, Lagergängen und Gängen. Man kann diese jüngeren Intrusiva als

#### Die Banakit-Shoshonit-Absarokit-Gesteinsserie.

Es verlohnt sich, auf diese trachydoleritischen Gesteine, die Ergußformen monzonitischer Magmen, näher einzugehen.

Die leukokratesten Glieder der Reihe sind die von Iddings ausgeschiedenen Banakite; sie sind nicht allzu häufig und die feldspatreichsten Typen. Charakteristisch ist der hohe Kaligehalt, der in Orthoklaseinsprenglingen mit Plagioklaskernen seinen mineralogischen Ausdruck findet. Dazu kommen Augit, Biotit und Erz und endlich mehr oder weniger serpentinierter Olivin. Die Grundmasse ist orthoklasreich. Die basischen Varietäten entwickeln Leuzite. Es fällt auf, daß die Leuzite auf die Decken beschränkt bleiben und in den Gängen fehlen. An die Stelle des Leuzits tritt hier der Biotit. Die sauren Glieder entwickeln Quarze. Die L-Werte liegen im LMQ-Dreieck zwischen 79 und 90. Die Latitphonolithe des Cripple-Creek-Vulkans kommen den Banakiten nahe.

Die Shoshonite sind der verbreitetste Typus. Sie sind melanokrater als die Banakite. Einsprenglinge von Labrador, Augit und Olivin liegen in einer Grundmasse von Plagioklas und Orthoklas. Auch in dieser Gruppe kommt es zu einer gelegentlichen Leuzitausscheidung in Deckengesteinen. Die



| S. 680 | Banakite.              | L                                     |
|--------|------------------------|---------------------------------------|
| 27     | Quarzbanakit, Gang     | Quelle des Stinking Water River 83,40 |
| 26     | Quarzbanakit, Gang     | Quelle des Stinking Water River 86,32 |
| 12     | Latitphonolith Banakit | Portland Mine Cripple Creek 82,60     |
| 13     | Latitphonolith Banakit | Anaconda Mine Cripple Creek 85,08     |
| 21     | Banakit, Gang          | Hoodoo Mt. 79,28                      |
| 25     | Leuzitbanakit, Decke   | SO-Ast Beaverdam Creek 89,76          |
| 22     | Banakit, Gang          | Ishawoa Canyon 82,92                  |
| 24     | Lenzitbanakit, Decke   | SO-Ast Beaverdam Creek 87,12          |
| 23     | Banakit, Gang          | Quelle des Stinking Water River 89,20 |

| S. 682, 692, 694 | Shoshonite.                    | L  |
|------------------|--------------------------------|--|
| 18               | Shoshonit                      | Gipfel Baldy Mt. Bear Gulch Mont. 75,92      |
| 17               | Shoshonit, Decke               | Two Ozean Pass 78,24                         |
| 14               | Shoshonit, Decke               | SO-Ast, Beaverdam Creek 71,12                |
| 15               | Leuzitshoshonit, Decke         | Berg O Pyramid Peak 73,96                    |
| 13               | Shoshonit, Decke               | SO-Ast, Beaverdam Peak 71,52                 |
| 16               | Olivenfreier Shoshonit, Gang   | NO Indian Peak 75,24                         |
| 12               | Shoshonit, Strom               | NO-Basis Sepulchre Mt. 73,04                 |
| 11               | Shoshonit, Decke               | Lamar River S Bison Peak 72,40               |
| 9                | Shoshonit Lagergang, Hangendes | Indian Creek Lakkolith 73,84                 |
| 8                | Orthoklasgabbrodiorit          | Herz der Hurricane Mesa 74,36                |
| 7                | Orthoklasgabbrodiorit          | Herz der Hurricane Mesa 73,08                |
| 10               | Monzonit                       | O Herz der Hurricane Mesa 71,00              |
| 5                | Basalt (Vulsinit)              | Saddle Mt. Pikes Peak 74,32                  |
| 9                | Basalt (Vulsinit)              | Table Mt. bei Denver 70,84                   |
| 27               | Trachydolerit, Shoshonit       | Lost Trail Creek, Colorado 71,44             |
| 28               | Basalt, Shoshonit              | Devils Lake, Uncompaghre Colorado 72,20      |
| 16               | Trachydolerit, Shoshonit       | Isabella Dike, Cripple Creek, Colorado 74,68 |

| S. 680, 692, 696 | Kalibasalte.       | L                                    |
|------------------|--------------------|--------------------------------------|
| 6                | Basalt             | Saddle Mt., Pikes Peak 65,36         |
| 2                | Basalt, Or führend | Timber Creek, Crandellvulkan 65,92   |
| 3                | Basalt, Gang       | Hurricane Mesa, Crandellvulkan 66,00 |
| 28               | Basalt             | Stinking Water Canyon 63,92          |

| S. 682, 694 | Absarokite.             | L                                 |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 8           | Absarokit, Strom        | Ursprung des Raven Creek 50,52    |
| 7           | Absarokit, Gang         | S Clarke Fork River 50,80         |
| 9           | Absarokit, Gang         | Wasserscheide O Cache Creek 55,48 |
| 10          | Absarokit, Strom        | Two Ocean Pass 59,20              |
| 6           | Absarokit, Gang         | Quelle des Lamar River 53,04      |
| 5           | Leuzitabsarokit, Geröll | Ishawoa Canyon 46,12              |
| 19          | Monchiquit              | Cripple Creek 58,40               |
| 20          | Analzimbasalt           | The Basin, Cripple Creek 56,08    |



| M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |
|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|
| 10,56 | 6,97  | 9,25 | 2,35 | 4,21             | 2,00 | 2,07  | —    | 2,42 |
| 11,96 | 1,72  | 8,98 | 3,62 | 4,04             | 3,62 | 0,83  | —    | 3,06 |
| 16,82 | 0,58  | 8,54 | 3,57 | 3,10             | 3,51 | 2,35  | 0,76 | 3,58 |
| 14,82 | 0,10  | 9,40 | 2,47 | 2,95             | 2,67 | 3,02  | 0,21 | 3,02 |
| 24,76 | —4,04 | 8,30 | 3,22 | 3,94             | 6,47 | 2,82  | 1,12 | 3,94 |
| 14,44 | —4,20 | 8,13 | 6,09 | 3,11             | 4,46 | —0,36 | 0,50 | 4,52 |
| 21,88 | —4,80 | 8,04 | 4,65 | 3,39             | 5,15 | 2,97  | 0,77 | 4,10 |
| 18,96 | —5,68 | 8,31 | 5,16 | 3,56             | 5,02 | 0,70  | 2,23 | 2,66 |
| 18,11 | —7,31 | 9,30 | 3,70 | 4,19             | 4,76 | 2,27  | —    | 4,05 |

| M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   |
|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|
| 17,74 | 6,34  | 6,42 | 6,14 | 2,51             | 4,12 | 0,63  | 2,79 | 2,66 |
| 13,18 | 8,58  | 6,94 | 5,42 | 3,26             | 4,37 | —1,04 | 0,62 | 3,20 |
| 25,02 | 3,86  | 5,97 | 5,84 | 2,47             | 7,21 | 2,13  | 0,96 | 4,40 |
| 22,39 | 3,65  | 6,28 | 5,93 | 2,72             | 6,07 | 2,79  | —    | 4,67 |
| 26,62 | 1,86  | 6,35 | 5,18 | 2,80             | 7,57 | 2,53  | 1,23 | 3,96 |
| 23,38 | 1,38  | 7,18 | 4,45 | 2,87             | 7,18 | 2,12  | 0,68 | 3,42 |
| 27,30 | —0,34 | 6,41 | 5,47 | 2,69             | 6,96 | 4,62  | —    | 4,14 |
| 33,40 | —5,80 | 6,50 | 5,10 | 2,52             | 6,29 | 5,03  | 4,05 | 2,66 |
| 32,26 | —6,10 | 7,52 | 3,42 | 3,08             | 7,38 | 2,32  | 4,79 | 3,28 |
| 21,94 | 3,70  | 6,62 | 5,35 | 2,14             | 5,69 | 1,74  | 2,20 | 2,68 |
| 25,84 | 1,08  | 6,40 | 5,47 | 1,85             | 6,53 | 1,78  | 3,62 | 1,98 |
| 21,60 | 7,40  | 6,36 | 5,03 | 2,14             | 5,97 | 1,94  | 1,28 | 3,22 |
| 27,42 | —1,74 | 6,44 | 5,70 | 2,37             | 5,16 | 2,17  | 5,57 | 1,62 |
| 29,20 | —0,04 | 5,88 | 5,95 | 2,70             | 6,96 | 2,77  | 3,25 | 3,24 |
| 23,72 | 4,84  | 6,63 | 4,50 | 2,59             | 6,13 | 3,07  | 0,41 | 4,50 |
| 24,80 | 3,00  | 6,95 | 4,15 | 2,52             | 4,90 | 3,55  | 2,32 | 3,26 |
| 35,14 | —9,82 | 7,21 | 4,25 | 2,47             | 7,82 | 6,32  | 1,23 | 4,40 |

| M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |
|-------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|------|
| 39,46 | —4,82 | 5,83 | 4,68 | 2,10             | 10,17 | 5,15 | 1,90 | 5,02 |
| 37,44 | —3,36 | 5,69 | 5,10 | 2,25             | 11,38 | 2,51 | 3,31 | 3,04 |
| 37,38 | —3,38 | 5,72 | 5,06 | 2,26             | 11,31 | 2,59 | 3,26 | 3,06 |
| 31,48 | 4,60  | 5,01 | 5,96 | 1,76             | 8,94  | 4,33 | —    | 4,94 |

| M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|-------|--------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|
| 50,12 | — 0,64 | 4,71 | 3,21 | 2,62             | 15,64 | 5,10  | 2,36 | 3,92 |
| 49,98 | — 0,78 | 4,41 | 3,88 | 2,85             | 15,90 | 6,58  | 0,27 | 4,48 |
| 45,60 | — 1,08 | 5,07 | 3,73 | 3,45             | 13,46 | 5,95  | 1,56 | 3,66 |
| 42,88 | — 2,08 | 5,64 | 3,52 | 2,99             | 12,81 | 4,38  | 2,33 | 3,84 |
| 57,82 | —10,86 | 5,08 | 3,10 | 2,70             | 18,87 | 5,72  | 2,84 | 2,96 |
| 66,60 | —12,72 | 4,45 | 2,63 | 1,50             | 20,50 | 7,65  | 3,77 | 2,76 |
| 55,04 | —13,44 | 5,83 | 2,94 | 2,46             | 12,56 | 10,10 | 1,82 | 4,08 |
| 57,44 | —13,52 | 5,54 | 2,94 | 0,73             | 13,96 | 10,29 | 2,40 | 4,14 |



L-Werte liegen zwischen 70 und 79. Den Übergang zu den Absarokiten vermitteln die Kalibasalte.

Das melanokrateste Glied der Serie sind die Absarokite, ihre L-Werte bewegen sich zwischen 46 und 60. Die Einsprenglinge sind Augit und Olivin. Der Orthoklas und Leuzit erscheint in der Grundmasse. Auch der Plagioklas tritt sehr zurück und bleibt auf die Grundmasse beschränkt.

Die Banakite, Shoshonite, Kalibasalte, Absarokite sind Ergußformen monzonitischer Magmen, die durch allmähliche Übergänge miteinander verknüpft sind. Die Änderungen vollziehen sich zwischen dem Gehalt an leukokraten und melanokraten Komponenten, während sich die Quarzzahl nur wenig oder gar nicht ändert. Das Absinken des Augits ist es, der die Entwicklung vom Absarokit- zum Banakitpol bewirkt, und über diesen hinaus die Reihe in den Phonolith einmünden läßt, der im Cripple-Creek das herrschende Gestein wird. Sind in dieser genetisch zusammengehörigen Gesteinsreihe die Kalitendenzen nur schwach entwickelt, so zweigen sich von den Absarokiten starke Kalimagmen, die Orendite, Wyomingite und Madupite ab. Diese Magmen kommen in den Leuzit Hills und an der Pilot Butte ebenfalls im Obermiozän zur Entwicklung.

### Die Leuzit Hills.

Die Leuzit Hills erheben sich über dem trockenen Plateau von Wyoming, südlich vom Yellowstone-Park und nördlich der Sweetwater Co. Die Kalimagmen bilden eine Mesa in 2000 m Meereshöhe. Hier liegen über dem gefalteten Laramieblock eozäne Bridger-Schichten, auch das Oligozän hat einst darüber gelegen, ist nach Kemp noch vor den Eruptionen durch die Erosion entfernt worden. Die lamprophyrischen Leuzitlaven bilden Decken, Kegel, Necks und Gänge. Ihre Eruptionen sind noch vor der Ausbildung der Mesa, die mit den pleistozänen Bewegungen in Zusammenhang gebracht werden muß, zum Erlöschen gekommen. Damit grenzt sich die Zeit zwischen Oligozän und Pleistozän ein. Die Orendite, Wyomingite und Madupite besitzen folgende Zusammensetzung:

|        |           |                 | Leuzit Hills. |       |        |       |       |                  |       |       |      |      |
|--------|-----------|-----------------|---------------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|
| S. 600 |           |                 | L             | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
| 1      | Orendit   | 15 mile Spring  | 50,24         | 49,12 | 0,64   | 9,98  | —3,70 | 8,46             | 11,33 | 4,77  | —    | —    |
| 2      | Orendit   | North Table Mt. | 53,44         | 47,44 | —0,88  | 9,81  | —3,13 | 8,50             | 11,04 | 5,39  | —    | —    |
| 3      | Wyomingit | 15 mile Spring  | 59,44         | 45,44 | —5,18  | 9,89  | —2,26 | 8,06             | 10,86 | 4,59  | 0,04 | —    |
| 4      | Wyomingit | Boars Tusk      | 58,72         | 50,56 | —9,28  | 8,44  | —1,10 | 6,96             | 11,75 | 8,47  | 1,46 | 0,60 |
| 5      | Wyomingit | Leuzit Hill     | 64,32         | 46,82 | —11,14 | 10,26 | —2,22 | 7,94             | 8,20  | 6,53  | 4,94 | —    |
| 6      | Wyomingit | Leuzit Hill     | 71,60         | 41,92 | —13,52 | 9,55  | —0,60 | 7,79             | 10,81 | 5,34  | 3,01 | —    |
| 7      | Madupit   | Pilot Butte     | 47,44         | 72,69 | —20,13 | 6,58  | —0,65 | 5,62             | 17,90 | 15,20 | —    | 2,59 |



S. 632, 668, 680

|    |                         | Latite                                   | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Latite: |
|----|-------------------------|--|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|---------|
| 1  | Quarzlaitit             | Texas Creek, San Christobal Quadr.       | 58,39 | 5,00  | 36,61 | 4,72 | 4,45 | 2,56             | 1,42 | -2,83 | —    | 2,16 |         |
| 1  | Latitpechstein          | Griswold Creek, Sierra Nevada            | 65,94 | 3,92  | 30,14 | 6,86 | 2,52 | 3,92             | 0,63 | -0,98 | —    | 2,17 |         |
| 2  | Quarzlaitit             | Greenhagh Mt., Silverton, Colorado       | 68,93 | 4,83  | 26,04 | 7,22 | 2,64 | 3,54             | 1,11 | -1,61 | —    | 1,81 |         |
| 3  | Quarzlaitit             | Difficully Creek, Ouray Quadr., Colorado | 70,40 | 3,76  | 25,83 | 7,43 | 2,74 | 2,88             | 0,87 | 0,14  | 0,13 | 1,48 |         |
| 4  | Tridymitlaitit          | Bachelor, Creede, Colorado               | 74,28 | 3,44  | 22,28 | 7,94 | 2,69 | 3,50             | 0,74 | 0,41  | —    | 1,14 |         |
| 5  | Quarzlaitit             | Mineral Creek, San Christobal, Colorado  | 67,04 | 12,22 | 20,74 | 6,66 | 3,44 | 2,68             | 3,16 | 1,37  | —    | 3,16 |         |
| 6  | Quarzbioitlaitit        | Wetterhorn Peak, Ouray, Colorado         | 66,48 | 14,62 | 18,90 | 5,93 | 4,76 | 2,62             | 4,69 | 0,62  | 0,21 | 3,58 |         |
| 7  | Quarzlaitit             | Pinnacle Ridge, Ouray Colorado           | 67,44 | 14,07 | 18,49 | 6,21 | 4,44 | 2,32             | 3,28 | 1,91  | —    | 3,69 |         |
| 8  | Quarzlaitit             | Pole Creek, Silverton, Colorado          | 71,96 | 10,03 | 18,01 | 6,82 | 4,35 | 2,66             | 2,79 | 0,83  | —    | 2,79 |         |
| 9  | Quarzlaitit             | Trout Creek, San Christobal, Colorado    | 75,32 | 7,77  | 16,91 | 7,21 | 4,41 | 2,79             | 1,77 | 0,89  | —    | 2,45 |         |
| 2  | Biotitaugtlaitit        | Clover Meadow, Sierra Nevada             | 78,08 | 7,10  | 14,82 | 7,92 | 3,68 | 3,28             | 1,77 | 0,21  | 0,27 | 2,60 |         |
| 10 | Quarzlaititporphyr      | Mohammed Tunnel, Monarch Colorado        | 78,12 | 7,54  | 14,34 | 8,08 | 3,37 | 4,24             | 1,21 | 0,54  | 1,68 | 0,68 |         |
| 11 | Quarzlaitit             | Cascade Gulch, San Christobal Quadrangle | 68,88 | 18,20 | 12,92 | 6,92 | 3,38 | 3,19             | 4,95 | 2,59  | —    | 3,12 |         |
| 3  | Latit                   | Bar Hills, Pikes Peak                    | 82,96 | 4,69  | 12,35 | 8,68 | 3,38 | 3,65             | 0,83 | 0,55  | —    | 1,93 |         |
| 16 | Pyroxenhornblendelaitit | San Francisco, Mt. Arizona               | 73,12 | 15,44 | 11,44 | 7,04 | 4,20 | 2,10             | 3,59 | 0,67  | 2,17 | 2,58 |         |
| 12 | Quarzlaitit             | Dolly Vardon Mine, Silverton, Colorado   | 65,60 | 23,10 | 11,30 | 5,67 | 5,06 | 2,39             | 5,74 | 2,80  | 0,96 | 4,10 |         |
| 17 | Pyroxenlaitit           | Mormon Mt., Arizona                      | 72,68 | 16,26 | 11,06 | 6,94 | 4,29 | 1,52             | 4,10 | 1,52  | 1,59 | 1,84 |         |
| 13 | (Basalt) Latit          | Huerto Peak, San Christobel, Quadrangle  | 75,52 | 15,32 | 9,16  | 5,85 | 7,18 | 2,23             | 2,02 | 1,25  | 2,37 | 4,04 |         |
| 4  | Augitlaitit             | Table Mt. Flow, Sierra Nevada            | 68,44 | 22,48 | 9,08  | 5,97 | 5,17 | 2,50             | 5,75 | 2,74  | 1,25 | 3,00 |         |
| 3  | Augitlaitit             | Dardanelle Flow, Sierra Nevada           | 75,20 | 16,02 | 8,78  | 7,70 | 3,40 | 3,63             | 3,12 | 1,62  | 2,18 | 2,16 |         |
| 4  | Pyroxenlaitit           | Wicher Mt., Pikes Peak                   | 81,00 | 10,87 | 8,13  | 7,92 | 4,41 | 3,08             | 2,03 | 1,83  | —    | 3,15 |         |
| 5  | Augitlaitit             | Table Mt. Flow, Sierra Nevada            | 67,68 | 26,24 | 6,08  | 5,91 | 5,10 | 3,18             | 6,35 | 2,79  | 2,80 | 2,54 |         |
| 8  | Augitlaitit             | Table Mt. bei Denver                     | 98,08 | 2,70  | 0,78  | 8,83 | 6,86 | 3,46             | 0,54 | 0,27  | 0,40 | 0,28 |         |



## Pliozäne Eruptionsfolge

| S. 698 |                    |                              | L     | M     | Q     |
|--------|--------------------|------------------------------|-------|-------|-------|
| 13     | Basalt             | Dunraven Peak                | 52,32 | 49,16 | -1,48 |
| 11     | Basalt             | Nordbasis Prospekt Peak      | 62,36 | 37,09 | 0,55  |
| 12     | Eisenbasalt        | Prospekt Peak                | 63,00 | 35,18 | 1,82  |
| 10     | Obsidian           | Mt. Sheridan                 | 51,39 | 3,42  | 45,19 |
| 6      | Rhyolith           | Nord Madison Plateau         | 55,42 | 2,76  | 41,82 |
| 9      | Roter Obsidian     | Obsidian Cliff               | 58,65 | 1,19  | 40,16 |
| 7      | Obsidian           | Elephants Back               | 56,70 | 4,06  | 39,24 |
| 5      | Schwarzer Obsidian | Obsidian Cliff               | 60,11 | 1,58  | 38,31 |
| 4      | Rhyolith           | Cliff gegenüber Midway Basin | 60,60 | 2,15  | 37,25 |
| 8      | Rhyolith           | Obsidian Cliff               | 60,96 | 1,82  | 37,22 |
| 3      | Rhyolith           | Plateau O Willow Park        | 58,56 | 6,32  | 35,12 |
| 2      | Rhyolith           | Ursprung des Tower Creek     | 61,36 | 6,90  | 31,74 |
| 1      | Rhyolith           | Oberes Geysir Basin          | 65,60 | 4,41  | 29,99 |

## Die Latite.

Steht die obige Gesteinsserie am basischen Pol der monzonitischen Magmenentwicklung, so ist das Magma einer weiteren Entwicklung auch nach der sauren Seite fähig. Die dunklen Komponenten werden herausgespalten, dabei steigt die Q-Zahl von 0—37. Es entstehen Gesteine, die zwischen Andesit und Trachyt stehen und als Latite zusammengefaßt werden. Die Latite haben ihre Hauptverbreitung im Süden der Rocky-Mountains, im Gebiete von Colorado. Die Zusammensetzung der Latite ist in der Tabelle S. 617 übersichtlich zusammengestellt.

Die Analysenberechnungen zeigen, daß in den Latiten die melanokraten Komponenten herausgespalten werden unter Anreicherung der Kieselsäure. Die Kalikomponente steigt aber nicht in demselben Maße, das beweist, daß zugleich mit den dunklen Silikaten ein Teil des Kalis herausgespalten wird. So dürfte das Biotitsilikat mehr als der Olivin durch Absinken diese Wirkung hervorbringen.

## 3. Der pliozäne Vulkanismus.

Im Gebiet des Yellowstone-Parks vollzieht sich im Pliozän noch einmal ein Magmenwechsel. Auf die obermiozänen basischen Monzonitmagmen folgen extrem saure Rhyolithe, die als mächtige Ströme die Depressionen des Gebietes ausfüllen. Stellenweise ist saure Lava glasig als Obsidian erstarrt. Als jüngstes Glied stellt sich ein echter Basalt ein. Die Magmaprovinz des Columbialavaplateaus hat von diesen Gegenden Besitz ergriffen. Die post-vulkanischen Erscheinungen reichen bis in die Gegenwart herein. Der Yellowstone-Park ist durch die mannigfachen Geysirerscheinungen berühmt. Sie wurden im ersten Bande eingehend beschrieben.



## im Yellowstone-Park.

| A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge |         |
|------|------|------------------|-------|-------|------|------|----------------|---------|
| 3,62 | 5,84 | 1,27             | 13,02 | 4,00  | 6,73 | 1,66 | 2. Basalte     | Basisch |
| 3,66 | 8,27 | 0,40             | 11,13 | 5,25  | —    | 4,33 |                | ↑       |
| 3,66 | 8,43 | 0,41             | 11,47 | 4,01  | —    | 4,22 |                |         |
| 5,79 | 0,99 | 2,37             | 0,46  | —1,11 | 0,79 | 0,92 | 1. Rhyolithe   |         |
| 6,31 | 0,79 | 2,30             | 0,13  | —1,78 | 0,99 | 0,52 |                |         |
| 6,69 | 0,92 | 2,56             | 0,20  | —1,45 | —    | 0,79 |                |         |
| 6,40 | 1,31 | 2,94             | 0,52  | —0,26 | 1,31 | 0,40 |                |         |
| 6,93 | 0,92 | 2,77             | 0,26  | —0,99 | 0,13 | 0,80 |                |         |
| 7,01 | 1,13 | 3,87             | 0,40  | 0,21  | —    | 0,93 |                |         |
| 7,05 | 1,04 | 2,02             | 0,13  | —0,40 | 0,39 | 0,78 |                |         |
| 6,31 | 2,02 | 1,64             | 1,64  | 0,38  | 0,51 | 1,26 |                | Sauer   |
| 6,92 | 1,50 | 2,68             | 1,04  | 1,11  | 0,39 | 1,82 |                |         |
| 7,70 | 1,00 | 3,08             | 0,40  | 0,67  | —    | 2,27 |                |         |

Obige Tabelle gibt ein Bild der Zusammensetzung der pliozänen Laven des Yellowstone-Parks.

## Die tertiären Lakkolithe und Vulkane Montanas.

Im Crandallvulkan vollzog sich im Miozän der Wechsel des pazifischen Magmas in ein atlantisch-monzonitisches. Weiter nördlich in Montana gewinnen die monzonitischen Magmen auf der Stirnseite der Rocky Mountains im Osten schon früher an Bedeutung. Lakkolithische Intrusionen und bis in das Herz hinein erodierte Vulkane begleiten den Rand des Gebirges.

In den Crazy Mts. sind zunächst im Anschluß an die Laramie-ogenese pazifische Magmen emporgedrungen. Dann treten in den aufgerichteten Kreidesandsteinen und Schiefen saigere, intrusive Lagergänge und Lakkolithe von Nephelinsyeniten und Theralithen, Shonkiniten und Spaltganggesteinen (Plagioklas-Nephelin) mit Kontakterscheinungen im Hangenden und Liegenden auf, sie sind mit den Schichten gefaltet worden. Die Gesteine sind postkretazäisch und anscheinend gleichzeitig mit der Faltung intrudiert. Die Lakkolithe dürften im Eozän intrudiert sein (Tab. S. 623).

Die Little Belt Mts. bestehen aus ähnlichen lakkolithischen Intrusionen. Das Gebiet liegt zwischen 46° 40' bis 47° 10' N.Br. und 110 bis 111° W.L. Der Untergrund besteht aus Gneisen, darüber diskordant die Neihart-Quarzite und algonkische Schiefertone, Schiefer und Kalke, Cambrium (Barkerformation) und Unterkarbon. Die Intrusivgesteine erscheinen als Lakkolithe vorzugsweise im Cambrium. Die Erosion hat sie freigelegt. Als Härtinge setzen sie die höchsten Berge zusammen. Ihr Alter ist postkretazäisch.



Die Intrusionen sind recht mannigfaltig. Zunächst sind die granitporphyrischen Lakkolithe mit ihren Übergängen zum Syenitporphyr und Dioritporphyr noch vom pazifischen, granodioritischen Charakter (Yogo

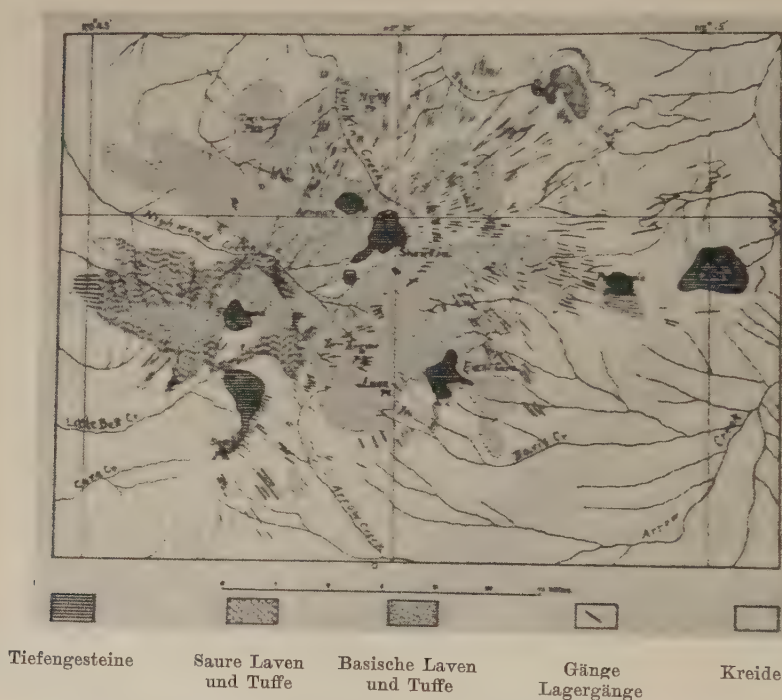


Abb. 56. Geologische Karte der Highwood Mts. nach Weed und Pirsson.

Peaktypus und Barkertypus). Auch syenitporphyrische Lagergänge kommen vor. Dann vollzieht sich der Übergang zu monzonitischen Magmen.

An dem 2743 m hohen Yogo Peak ist die Reihe Monzonit—Yogoit—Shonkinit—Peridotit vorzüglich entwickelt. Der Kern des Lakkolithen be-

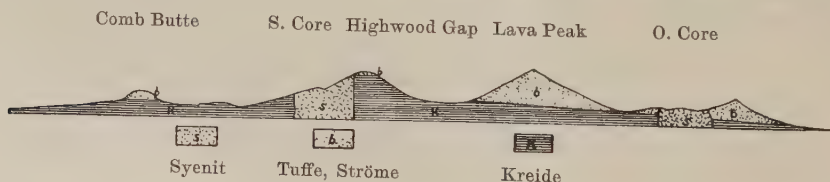
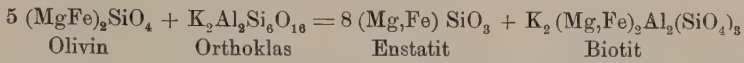


Abb. 57. Profil durch die Highwood Mts., Montana nach Weed und Pirsson.

steht aus Monzonit, Orthoklas mit Oligoklasmänteln, Diopsid, Hornblende, Biotit, etwas Quarz und akzessorischen Gemengteilen. Der Yogoit ist ein Monzonit von lamprophyrischem Charakter, Orthoklas und Augit halten sich das Gleichgewicht. Der Shonkinit bildet die Schale gegen den Kontakt. In den Shonkiniten ist der Olivin korrodiert und von innen nach außen von



Zonen umgeben, die aus Enstatit, grünem Biotit und Orthoklas bestehen, entsprechend der Einwirkung von Orthoklas auf Olivin nach der Gleichung:



Lamprophyrische Spaltganggesteine suchen als intrusive Lagergänge gern die dünnstehigen Cambrium- und Karbonschiefer auf. Es sind

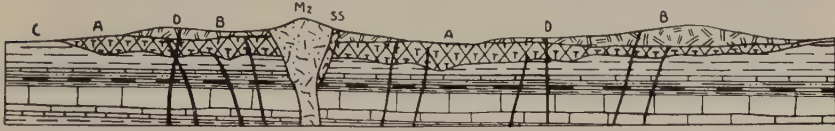


Abb. 58. Profil durch die Vulkanruine der Highwood Mts. nach Weed und Pirsson. A = Andesitische Ströme und Breccien; B = Basaltische Ströme und Breccien; C = Kreideschiefer auf älterem Miozoikum und Paläozoikum; D = Gänge. Mz = Monzonit; Ss = Sodalithsyenit.

Minetten, Nephelinminetten und die als Analzimbasalte von Lindgren beschriebenen monchiquitähnlichen Ganggesteine (vgl. Tabelle S. 624).

Sechs Lakkolithe bilden die Judith Mts. in  $47^\circ 3'$  bis  $47^\circ 18' \text{ N. Br.}$  und  $108^\circ 57'$  bis  $109^\circ 25' \text{ W. L.}$ , eine Gruppe von Hügeln, die sich etwa 760 m über die Ebene erheben. Der höchste Gipfel erreicht 1946 m. (Vgl. das Profil durch die Judith Mts. Bd. I, S. 223, Abb. 57.) Der sedimentäre Unter-

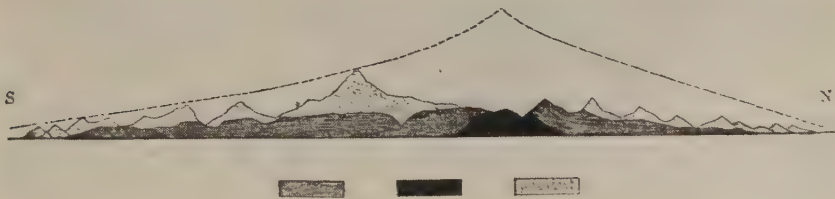


Abb. 59. Profil durch die Vulkanruine der Bearpaw Mts. nach Weed und Pirsson.

grund besteht aus Schichten vom Cambrium bis zur Dakota- und Bentonformation (mittlere Kreide).

Das verbreitetste Intrusivgestein ist ein saurer Quarzporphyr (Rhyolithporphyr), das bevorzugte Intrusionsniveau ist das Cambrium unter dem Karbon oder unmittelbar über dem Karbon die Diskordanz an der Basis der Juraschichten. Kleinere Intrusivkörper bestehen aus Syeniten und Monzoniten oder Syenitporphyren und Dioritporphyriten. Alle diese Magmen sind noch im wesentlichen pazifisch orientiert. Den Quarzporphyr des Judith Peak durchbricht ein schlotartiger Intrusivkörper von Ägiringranitporphyr mit Einsprenglingen von Quarz, Orthoklas in mikrogranitischer Grundmasse aus







## Crazy Mts., Montana.

S. 706

|    |                  | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge            |
|----|------------------|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|---------------------------|
|    | Soelvsbergite    | 105,04 | 7,82  | -12,86 | 13,02 | 0,22  | 3,36             | 1,33  | 1,53  | —    | 2,10 | Atlant. Magmen            |
| 19 | Acmittachyrt     | 94,80  | 5,58  | -0,58  | 11,20 | 1,30  | 2,82             | 1,24  | 0,62  | 0,14 | 1,78 | Gänge und Lagergänge      |
| 18 | Acmittachyrt     | 91,92  | 4,04  | 4,04   | 11,23 | 0,52  | 3,14             | 0,61  | 0,15  | —    | 2,52 |                           |
| 17 | Acmittachyrt     | 76,40  | 49,86 | -26,26 | 9,83  | -0,28 | 3,37             | 9,06  | 12,01 | 0,63 | 4,78 | Lakkolithe und Lagergänge |
| 9  | Theralith        | 81,28  | 40,76 | -22,04 | 8,20  | 3,92  | 2,78             | 10,76 | 5,76  | 2,30 | 3,12 |                           |
| 8  | Theralith        | 92,24  | 16,52 | -8,76  | 12,43 | -0,90 | 3,06             | 1,39  | 2,85  | 0,83 | 0,98 |                           |
| 7  | Nephelinsyenit   | 89,76  | 14,42 | -4,18  | 10,43 | 1,58  | 3,91             | 2,61  | 2,95  | 0,28 | 2,74 |                           |
| 3  | Syenit           |        |       |        |       |       |                  |       |       |      |      |                           |
|    |                  |        |       |        |       |       |                  |       |       |      |      | Pazifische Magmen         |
| 6  | Diorit           | 72,76  | 25,10 | 2,14   | 5,44  | 7,31  | 1,01             | 6,17  | 1,75  | 3,62 | 2,02 |                           |
| 4  | Diorit           | 59,96  | 36,60 | 3,44   | 5,27  | 4,45  | 2,16             | 7,88  | 7,94  | 2,16 | 0,64 |                           |
| 11 | Hornblendepikrit | 34,68  | 73,08 | -7,76  | 2,11  | 4,45  | 0,56             | 21,27 | 7,11  | 6,43 | 3,46 |                           |
| 10 | Olivengabbro     | 32,44  | 73,56 | -6,00  | 1,70  | 4,71  | 0,39             | 18,91 | 7,92  | 5,96 | 7,98 |                           |
| 5  | Diorit           | 76,04  | 26,26 | -2,30  | 5,75  | 7,51  | 1,35             | 5,89  | 2,84  | 3,05 | 2,70 |                           |
| 2  | Granitit         | 67,88  | 15,64 | 16,48  | 7,04  | 2,89  | 2,24             | 4,40  | 1,38  | 1,12 | 1,84 |                           |
| 1  | Granitit         | 61,60  | 2,74  | 35,66  | 7,01  | 1,38  | 4,26             | 0,59  | 0,06  | 0,39 | 0,66 |                           |
| 13 | Granitporphyr    | 74,88  | 10,00 | 15,12  | 7,46  | 3,80  | 2,63             | 2,07  | 0,66  | 1,94 | 0,66 |                           |
|    |                  |        |       |        |       |       |                  |       |       |      |      |                           |
| 16 | Porphyrit        | 71,80  | 22,26 | 5,94   | 7,05  | 3,85  | 2,44             | 5,49  | 2,59  | 1,02 | 4,06 |                           |
| 15 | Porphyrit        | 76,32  | 13,14 | 10,54  | 8,01  | 3,06  | 2,78             | 2,78  | 1,35  | 1,22 | 2,44 |                           |
| 13 | Porphyrit        | 74,88  | 10,00 | 15,12  | 7,46  | 3,80  | 2,63             | 2,07  | 0,66  | 1,94 | 0,66 |                           |
| 14 | Porphyrit        | 69,40  | 11,44 | 19,16  | 6,90  | 3,55  | 2,30             | 3,22  | 0,59  | 1,58 | 0,66 |                           |



| S. 708 |                      | Little Belt Mt. Montana | L     | M     | Q      |
|--------|----------------------|-------------------------|-------|-------|--------|
| 14     | Analzimbasalt        | Bandbox Mt.             | 55,16 | 62,48 | -17,64 |
| 13     | Analzimbasalt        | Big Baldy Mt.           | 57,88 | 52,14 | -10,02 |
| 10     | Augitminette         | Sheep Creek             | 58,80 | 45,36 | -4,16  |
| 12     | Shonkinit            | Yogo Peak, 2743 m       | 53,68 | 58,28 | -11,96 |
| 9      | (Yogoit) Monzonit    | Yogo Peak               | 62,64 | 40,60 | -3,24  |
| 8      | Syenit (Banatit)     | Yogo Peak               | 69,88 | 23,26 | 6,86   |
| 5      | Syenitporphyr        | Am Yogo Peak            | 74,94 | 10,28 | 14,78  |
| 4      | Syenit               | Mt. Barker              | 76,44 | 8,76  | 14,80  |
| 11     | Diorit               | Bei Neihart             | 80,80 | 18,22 | 0,98   |
| 6      | Dioritporphyr        | Steamboat Mt.           | 68,40 | 19,22 | 12,38  |
| 7      | Syenitporphyr        | Bear Park               | 69,28 | 13,54 | 17,18  |
| 3      | Quarzensyenitporphyr | Big Balder Mt.          | 71,96 | 9,82  | 18,22  |
| 1      | Granitporphyr        | Mt. Barker              | 73,59 | 3,76  | 22,65  |
| 2      | Granitporphyr        | Thunder Mt.             | 72,40 | 7,32  | 20,28  |

## Highwood

S. 710

L

|    |                     |                            |        |
|----|---------------------|----------------------------|--------|
| 12 | Tinguaitporphyr     | Highwood Gap               | 91,76  |
| 11 | Soelvsbergitporphyr | South Mt.                  | 98,64  |
| 13 | Gauteit             | Appen Creek                | 88,40  |
| 10 | Missourit           | Shonkin Creek              | 43,32  |
| 7  | Shonkinit           | Shonkin Sag Lakkolith      | 59,64  |
| 9  | Shonkinit           | Square Butte               | 42,88  |
| 8  | Leuzitshonkinit     | Ost-Peak                   | 68,68  |
| 3  | Monzonit            | Highwood Peak              | 71,72  |
| 5  | Basischer Syenit    | Middle Peak                | 69,64  |
| 4  | Fergusit            | Shonkin Creek              | 73,84  |
| 6  | Syenitporphyr       | Shonkin Creek              | 81,52  |
| 2  | Sodalithsyenit      | Square Butte Lakkolith     | 101,12 |
| 1  | Quarzensyenit       | Highwood Peak              | 86,56  |
| 14 | Trachyandesit       | Nordgabel des Willow Creek | 61,76  |

der Wechsel vollzogen hat, ist nicht festzustellen. Bemerkenswert ist der saure Charakter dieser Intrusivgesteine.

Eine sehr tief bis ins Herz hinein erodierte Vulkanruine sind die Highwood Mts. in 44° 30' N. Br., 110° 30' W. L., 2316 m (vgl. Tabelle oben).

Über der Kreidetafel liegen zu unterst andesitische Ströme und Breccien, darüber Basaltströme und Breccien. Das eigentliche Herz besteht aus körnigem Monzonit, Diopsid und Plagioklas,  $Ab_{50}An_{50}$ , zu gleichen Teilen, Orthoklas, Nephelin. Die Square Butte ist ein aus hellem Sodalithsyenit bestehender lakkolithischer Intrusivkörper mit einer schwarzen oberen Schale aus Shonkinit, ebenso der Shonkin-Sag-Lakkolith. Die beiden letzteren sind etwas älter als das Hauptzentrum.



| A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolgen              |
|------|------|------------------|-------|-------|------|------|------------------------------|
| 6,48 | 0,83 | 2,18             | 20,14 | 7,96  | 1,54 | 3,20 | } Gänge im carbonischen Kalk |
| 5,76 | 2,95 | 2,14             | 14,01 | 8,31  | 1,34 | 3,62 |                              |
| 5,67 | 3,36 | 2,70             | 13,51 | 4,95  | 3,10 | 2,24 |                              |
| 5,68 | 2,06 | 3,42             | 14,83 | 9,03  | 4,12 | 2,32 |                              |
| 6,53 | 2,60 | 2,94             | 9,98  | 6,40  | 2,25 | 2,74 |                              |
| 7,75 | 1,97 | 3,15             | 6,04  | 3,48  | 1,26 | 1,70 |                              |
| 7,81 | 3,08 | 2,81             | 3,15  | -0,14 | 0,96 | 2,06 | } Lakkolithe                 |
| 8,35 | 2,41 | 3,57             | 2,15  | 0,75  | 0,47 | 2,02 |                              |
| 6,73 | 6,74 | 2,04             | 3,06  | 1,83  | 3,61 | 1,22 | } Lagergänge                 |
| 6,89 | 3,32 | 2,72             | 5,90  | 1,52  | 1,46 | 1,46 |                              |
| 7,30 | 2,72 | 2,72             | 4,38  | 0,93  | 0,60 | 1,72 |                              |
| 8,03 | 1,93 | 3,65             | 3,25  | 0,66  | 0,27 | 1,46 |                              |
| 8,31 | 1,61 | 3,55             | 1,21  | -0,67 | —    | 1,34 |                              |
| 7,85 | 2,40 | 3,46             | 2,40  | 0,46  | 0,13 | 1,34 |                              |

## Mountains.

| M     | Q      | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|-------|--------|-------|------|------------------|-------|-------|------|------|
| 16,24 | -8,00  | 11,23 | 0,48 | 7,42             | 3,12  | 3,82  | 0,14 | 2,08 |
| 8,36  | -7,00  | 11,65 | 1,36 | 6,50             | 1,22  | 1,57  | —    | 2,78 |
| 13,31 | -1,71  | 9,42  | 3,26 | 4,82             | 3,26  | 1,27  | —    | 4,25 |
| 76,28 | -19,60 | 4,73  | 1,37 | 3,42             | 22,96 | 10,33 | 3,61 | 2,48 |
| 58,06 | -17,70 | 7,06  | 0,79 | 3,96             | 14,25 | 10,23 | 3,10 | 2,90 |
| 70,64 | -13,52 | 4,44  | 1,84 | 2,54             | 14,71 | 13,13 | 6,08 | 2,80 |
| 48,46 | -17,14 | 7,72  | 1,73 | 3,99             | 10,25 | 8,92  | 3,60 | 2,92 |
| 37,58 | -9,30  | 6,66  | 4,61 | 3,53             | 10,33 | 6,26  | 0,47 | 3,46 |
| 43,02 | -12,66 | 7,68  | 2,05 | 4,30             | 8,93  | 7,55  | 3,90 | 2,26 |
| 37,70 | -11,60 | 8,75  | 0,96 | 5,54             | 7,80  | 7,66  | 1,03 | 4,78 |
| 30,86 | -12,38 | 9,56  | 1,26 | 5,73             | 6,08  | 6,28  | 1,25 | 3,64 |
| 11,72 | -12,84 | 11,52 | 2,24 | 5,24             | 1,12  | 0,41  | 3,77 | 1,12 |
| 6,54  | 6,90   | 9,95  | 1,74 | 3,94             | 1,67  | 0,53  | 0,74 | 0,66 |
| 27,46 | 10,78  | 6,53  | 2,74 | 3,01             | 8,02  | 3,94  | —    | 3,54 |

Unter den mannigfachen Differentiaten des Vulkaninnern verdienen zwei Gesteine eine besondere Beachtung. Der Missouriit als Tiefenfazies des Leuzitbasalts besteht aus Apatit, Erz, Olivin, Biotit, Pyroxen, Leuzit, und der Fergusit als Tiefenfazies des Leuzitits mit seinen Leuzitpseudomorphosen aus Nephelin und Orthoklas. Er bildet den Arnouxstock am Shonkin Creek. Zahlreiche Gänge von Pulaskitporphyren, Bostoniten, Gauteiten, kalireichen Tinguaiten, Analzimbasalten und Minetten durchschwärmen das Gebiet.

Alle diese Gesteine sind postkretazäisch, eozän oder jünger, sicherlich ist der Vulkan aber älter als Obermiozän, wie aus der tiefen Erosion zu schließen ist. Vom Eis ist das Gebiet im Quartär nicht bedeckt gewesen.

Eine ähnliche Vulkanruine stellen die Bearpaw Mts. in 48° bis



48° 50' N.Br. und 109° bis 110° W.L. dar. Der höchste Gipfel ist der 2146 m hohe Bearpaw Peak, der aus Leuzitit besteht, während das eigentliche Zentrum des Vulkans etwas weit nach Norden in dem Monzonitstock des Beaver Creeks liegt, der das Herz des Vulkans darstellt. Die Basis des Vulkans besteht aus schwarzen Schiefen der Laramieformation. Reste des Vulkanmantels umgeben das aus körnigen Gesteinen bestehende Herz. Dunkle basaltische Tuffe, Breccien und Lavaströme bauen diesen Mantel auf. Die basaltischen Gesteine gehören zumeist den Leuzitbasalten an.

Der Haupttypus des Vulkankerns ist der Monzonit Nr. 3. Der saure Pol ist der Quarzsyenit 1, der basische der Shonkinit 6. Unter den Ganggesteinen sind wieder kalireiche Leuzittinguaite bemerkenswert (vgl. S. 712).

| Nr. | Gestein            | Beaver Creek Lakkolith Bearpaw Mts. | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge                     |
|-----|--------------------|-------------------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|------|------|------|------------------------------------|
| 5   | Leuzitit-guaite    | Beaver Creek                        | 114,96 | 22,82 | -37,78 | 17,40 | -3,03 | 7,51             | 0,43  | 2,17 | —    | —    | Herz Haupttypus                    |
| 6   | Shonkinit          | Beaver Creek                        | 47,80  | 64,98 | -12,78 | 5,85  | 0,25  | 3,37             | 18,94 | 9,16 | 2,99 | 2,80 |                                    |
| 3   | Monzonit           | Beaver Creek Stock                  | 69,52  | 37,70 | -7,22  | 7,25  | 2,88  | 3,40             | 8,33  | 6,12 | 3,13 | 2,54 |                                    |
| 1   | Quarzsyenit        | Beaver Creek Stock                  | 79,88  | 5,60  | 14,52  | 9,95  | 0,07  | 4,00             | 0,93  | 1,00 | 0,07 | 1,60 |                                    |
| 2   | Quarzsyenitporphyr | Gray Butte, Bearpaw Mt.             | 85,36  | 9,29  | 5,35   | 11,21 | -0,54 | 4,16             | 1,28  | 1,54 | —    | 0,41 | Parasitärer Ausbruchspunkt. Mantel |
| 7   | Leuzitit           | Bearpaw Peak                        | 66,24  | 51,64 | -17,88 | 9,42  | -1,14 | 6,64             | 8,42  | 9,42 | 2,27 | 4,58 |                                    |

Die beiden Vulkane gleichen sich sehr und sind sicher gleichen Alters. Die Vorherrschaft des Kali weist auf die mediterrane Magmaprovinz Niggli.

Die Lakkolithe innerhalb der Kreide der Sweet Grass Hills oder Three Buttes, an der kanadischen Grenze, sind das nördlichste Vorkommen, Ost-Butte, 1890 m, besteht aus Quarzsyenitporphyr, West-Butte, 1981 m; Minettegänge finden sich im Norden der Ost-Butte.

### c) Der Vulkanismus der Coast Range.

Die Coast Range sind das Resultat der mittelmiozänen „Kaskadischen Faltung“. Von Niederkalifornien setzen sich die jungtertiären und quartären Plateaubasalte in die pazifische Küstenregion der Vereinigten Staaten fort, die noch heute ein bekanntes Gebiet seismischer Unruhe ist. Wie im Yellowstone-Park haben sich nachvulkanische Geysirserscheinungen in einem



Seitental des Napa Valley, die Bd. I, S. 618 beschrieben worden sind, erhalten. Nach Day sind es heiße Quellen von 21—100°, aber keine eigentlichen Geysire. Von größeren tertiären Vulkanruinen sei die Marysville Butte ausführlicher beschrieben.

Marysville Butte, 610 m, 39° N.Br., 121° 50' W.L., steigt aus der Ebene des Sakramentotals unvermittelt empor. Es ist eine Vulkanruine, deren Kern durch die Erosion bloßgelegt ist. Der äußere flachböschige Tuffring baut sich aus Ablagerungen von Schlammströmen mit kantigen Andesitfragmenten auf. Die innere Zone läßt den Untergrund des Vulkans zum Vorschein kommen. Miozäne Sandsteine, Tone und Sande bis zu 20° geneigt und von porphyritischen Necks durchbrochen, sind in eine hügelige Landschaft aufgelöst. Das Zentralmassiv besteht aus massivem Hornblende-glimmerandesit, Andesiten und Andesitbreccien, ferner als jüngstes Produkt aus rhyolithischen Daziten. Die Erosion hat dieses Massiv in Gipfel und Kämme aufgelöst, Gänge und Lavaströme fehlen. Die Sedimente sind von dieser zähflüssigen Masse wenigstens um 300 m nach aufwärts getragen und fallen nach allen Seiten ab. In der Peripherie häufen sich die Rhyolithnecks. Die obere Hälfte des Vulkanbaus ist der Erosion zum Opfer gefallen. Ein zentraler Krater, der das Tuffmaterial der äußeren Zone förderte, muß vorhanden gewesen sein. Man könnte an einen Lakkolithen denken, der sein Dach durchbrochen hat. Der Vulkan ist im Pliozän und Quartär tätig gewesen.

Eine Vulkanruine, bei der die charakteristische Profilkurve des Aschenkegels erhalten ist, ist die Muirs Butte, südlich der San-Francisco-Bay.

Über die Zusammensetzung der Effusivgesteine der Coast-Range-Region gibt die nachfolgende Übersicht Auskunft. Wenngleich das Alter der einzelnen Laven nicht immer feststellbar ist, so beginnt ihre Effusion nach der postmittelmiozänen Kaskadenfaltung und hat sich zumeist im Pliozän abgespielt. Die verwandtschaftlichen Beziehungen weisen zur Provinz des Columbialavaplateaus.



## Coast Range.

|        | S. 714—719                | Ort                           | L     | M     | Q     | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionen<br>folgen |
|--------|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------------------|-------|-------|------|------|----------------------|
| III 9  | Basalt                    | Sawtooth Rock, Port Orford    | 46,12 | 55,12 | 1,24  | 3,59  | 4,35 | —                | 11,85 | 11,10 | 4,11 | 1,00 | Alter                |
| III 10 | "                         | Cedar Creek, Ophir            | 50,08 | 49,68 | 0,24  | 3,31  | 5,90 | 0,26             | 9,60  | 5,70  | 8,76 | 1,42 | Ober<br>Miozän       |
| III 11 | "                         | Johnson Creek, Oregon         | 68,88 | 21,46 | 9,66  | 6,11  | 5,00 | 0,37             | 1,12  | 0,07  | 8,72 | 1,64 | bis Sub-<br>rezent   |
| III 12 | Basaltglas                | Portland, Oregon              | 63,68 | 19,24 | 17,08 | 3,56  | 8,80 | 0,53             | 1,29  | 3,10  | 2,58 | 5,30 | Basalte              |
| III 5  | Comendittrachyt           | Big Bend, Rog River, Orford   | 73,84 | 8,18  | 17,98 | 9,36  | 0,13 | 1,82             | 0,52  | 2,34  | 0,78 | 0,12 | Rhyolithe            |
| III 8  | Dazitporphyr              | Boulder Creek, Port Orford    | 63,44 | 3,18  | 33,38 | 5,88  | 4,03 | 1,32             | 0,86  | 0,53  | 0,13 | 1,20 |                      |
| III 6  | Dazitporphyr (Rhyolith)   | Bald Mt., Port Orford, Oregon | 58,47 | 3,26  | 38,27 | 6,43  | 1,69 | 1,43             | 0,72  | 3,31  | 0,78 | 0,12 |                      |
| III 4  | Rhyolithtuff (Dazit)      | Redding Creek, Trinity        | 71,48 | 8,67  | 19,85 | 5,40  | 7,07 | 1,09             | 2,81  | 0,26  | —    | 2,53 |                      |
| III 3  | Rhyolithtuff              | Hay Fork Valley, Trinity Co.  | 45,67 | 4,08  | 50,25 | 4,30  | 1,04 | 1,78             | 0,82  | 7,11  | —    | 2,44 |                      |
| III 2  | "                         | Hyampon, Trinity Co.          | 41,27 | 4,38  | 54,35 | 4,23  | 0,78 | 1,83             | 0,64  | 4,31  | 0,99 | 1,12 |                      |
| III 1  | Rhyolithobsidian          | Medicine Lake, Modoc Co.      | 63,87 | 3,78  | 32,35 | 7,19  | 1,44 | 3,01             | 0,52  | 0,59  | 1,17 | 0,40 |                      |
| II 14  | Asperit, trachyt. Andesit | Mt. Konocti, Clear Lake       | 66,29 | 8,76  | 24,95 | 5,91  | 4,60 | 2,00             | 2,45  | 0,61  | 0,94 | 1,98 |                      |
| II 12  | Pantelleritobsidian       | S. Borax Lake                 | 38,24 | 22,76 | 39,00 | 11,19 | 6,41 | 3,04             | 1,99  | —     | —    | 0,67 |                      |
| II 13  | Comendittrachytobsidian   | Clear Lake, N San Francisco   | 65,52 | 7,48  | 27,00 | 8,74  | 0,55 | 3,19             | 0,77  | —     | 0,72 | —    |                      |
| II 8   | Comendittrachyt           | Laundry Farm, "               | 64,96 | 13,82 | 21,42 | 8,87  | 0,75 | 2,08             | 2,26  | —     | 1,73 | —    |                      |
| II 6   | Rhyolith                  | " " "                         | 54,66 | 7,24  | 38,10 | 6,26  | 1,12 | 0,60             | 1,41  | 0,10  | 1,06 | 2,30 |                      |
| II 7   | "                         | " " "                         | 53,13 | 10,74 | 36,13 | 6,23  | 0,61 | 1,33             | 2,18  | 0,85  | 1,96 | 2,46 |                      |
| II 9   | Rhyolithtuff              | Cordelio bei "                | 49,48 | 4,68  | 45,84 | 4,89  | 1,45 | 2,47             | 1,07  | 4,61  | 0,32 | 1,90 |                      |
| I 6    | Rhyolith                  | Berkeley Kalifornien          | 69,56 | 0,78  | 29,66 | 8,27  | 0,85 | 1,99             | —     | 0,23  | —    | 0,32 |                      |
| I 5    | "                         | " "                           | 65,64 | 2,05  | 32,31 | 7,99  | 0,43 | 0,76             | 0,16  | 0,68  | —    | 0,37 |                      |



## Coast Range (Fortsetzung).

|       | S. 714—719          | Ort                         | L     | M     | Q       | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO    | FeO  | Mt   | Erup-<br>tionsfolgen                    |
|-------|---------------------|-----------------------------|-------|-------|---------|------|-------|------------------|-------|--------|------|------|---|
| II 2  | Basalt              | Grizzly Peak, Berkeley      | 77,52 | 35,08 | - 12,60 | 5,21 | 8,96  | 0,31             | 10,12 | 1,87   | 4,62 | 1,86 | Andesite                                |
| I 10  | Andesit             | Point Sal, Berkeley         | 84,72 | 14,97 | 0,31    | 8,62 | 3,94  | 1,42             | 3,92  | 1,59   | —    | 3,95 |   |
| I 8   | "                   | Frowning Ridge, Berkeley    | 69,60 | 20,94 | 9,46    | 5,18 | 7,04  | 0,64             | 7,70  | 0,13   | 2,64 | —    |   |
| I 7   | "                   | Telegraph Canyon, Berkeley  | 69,20 | 25,10 | 5,70    | 5,41 | 6,48  | 0,96             | 7,84  | 1,10   | 2,59 | 2,04 |   |
| II 1  | Basalt (Andesit)    | Pnie Knob, Berkeley         | 59,56 | 30,62 | 9,82    | 2,89 | 9,11  | 0,20             | 8,28  | 2,13   | 3,15 | 3,50 |   |
| I 9   | Andesit             | Grizzly Peak, Berkeley      | 68,17 | 14,32 | 17,51   | 5,87 | 4,57  | 0,74             | 2,02  | - 2,93 | 4,37 | 1,54 |   |
| I 11  | "                   | Pnie Knob, Berkeley Hills   | 61,90 | 18,32 | 19,78   | 1,29 | 12,78 | 0,36             | 7,36  | 0,46   | 1,41 | 0,78 |   |
| I 13  | Carmelolit          | Sunium Point, Carmelo Bay   | 84,56 | 25,96 | - 10,52 | 9,20 | 2,74  | 1,85             | 4,25  | 6,31   | —    | 4,84 |   |
| I 12  | "                   | Carmelo Bay S Monteroy      | 89,80 | 10,33 | - 0,13  | 9,71 | 3,03  | 2,03             | 2,19  | 1,97   | —    | 2,01 |   |
| I 4   | Andesit             | Santa Catalina Island       | 68,24 | 16,14 | 15,62   | 5,27 | 6,52  | 0,99             | 4,28  | 2,57   | —    | 2,44 | Vor-<br>gelagerte<br>Inseln<br>im Süden |
| I 3   | Dazit               | Seal Harbor, San Clemente   | 61,92 | 10,38 | 27,70   | 6,07 | 3,34  | 1,91             | 0,14  | 2,39   | 2,66 | —    |   |
| I 2   | Rhyolith            | Nordw. Harbor, S Clemente   | 61,92 | 7,82  | 30,26   | 6,35 | 2,78  | 2,45             | 1,06  | 0,86   | 1,79 | 0,40 |   |
| I 1   | Fourchit            | Angel Island, Kalifornien   | 55,92 | 52,38 | - 8,30  | 3,04 | 7,90  | 0,36             | 13,54 | 6,28   | 5,61 | 1,52 | Ältere<br>vor-<br>miozäne<br>Gesteine   |
| II 5  | Lherzololith        | The Portrero, San Francisco | 63,04 | 43,60 | - 6,64  | 4,95 | 5,86  | —                | 9,98  | 9,28   | 1,40 | 2,28 |   |
| II 3  | Basalt (Teschenit)? | Point Bonita, Marin Co.     | 78,96 | 30,08 | - 9,04  | 7,72 | 4,30  | 1,16             | 7,06  | 4,67   | 1,83 | 2,96 |   |
| II 4  | Teschenit           | Point Sal, Kalifornien      | 80,36 | 34,24 | - 14,64 | 7,30 | 5,49  | 1,14             | 8,40  | 6,72   | 1,10 | 1,80 |   |
| II 10 | Basalt (Nephelin!)  | Knoxville, Kalifornien      | 52,28 | 69,72 | - 22,00 | 6,37 | 0,33  | 0,57             | 20,44 | 7,96   | 7,06 | —    |   |



## Analysenbelege und Gesteinsparameter.

Sierra Nevada und Cascade Range I. Mt. Withney: Mariposa Co., Mono Lake.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1               | 2                       | 3     | 4                     | 5                 | 6                    | 7     | 8     | 9     | 10                   | 11                   |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|-------|-----------------------|-------------------|----------------------|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 69,01           | 66,68                   | 66,28 | 66,83                 | 62,62             | 58,09                | 74,05 | 75,78 | 67,39 | 48,76                | 51,89                |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,49            | 0,64                    | 0,54  | 0,54                  | 0,55              | 0,95                 | —     | —     | —     | 1,26                 | 0,91                 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,24            | 0,21                    | 0,30  | 0,18                  | 0,12              | 0,17                 | —     | —     | —     | 0,19                 | 0,61                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15,44           | 15,12                   | 16,03 | 15,24                 | 17,51             | 17,46                | 13,85 | 12,39 | 15,99 | 16,60                | 15,28                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,28            | 1,66                    | 1,80  | 2,73                  | 4,49              | 1,12                 | Sp.   | 0,22  | 0,56  | 5,60                 | 8,10                 |
| FeO                            | 1,28            | 2,49                    | 1,88  | 1,66                  | 0,06              | 5,08                 | —     | 1,25  | 1,99  | 5,01                 | 3,60                 |
| MnO                            | 0,01            | 0,01                    | 0,05  | 0,10                  | 0,05              | —                    | —     | —     | —     | —                    | 0,12                 |
| MgO                            | 0,62            | 1,88                    | 1,12  | 1,63                  | 2,84              | 4,06                 | 0,07  | 0,31  | 0,77  | 6,93                 | 8,68                 |
| CaO                            | 2,54            | 4,09                    | 3,75  | 3,59                  | 5,49              | 6,24                 | 0,90  | 0,81  | 1,63  | 8,79                 | 7,38                 |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,85            | 2,23                    | 4,10  | 3,10                  | 3,49              | 2,94                 | 4,60  | 4,00  | 4,74  | 2,47                 | 3,27                 |
| K <sub>2</sub> O               | 4,52            | 4,97                    | 3,49  | 4,46                  | 1,76              | 2,02                 | 4,31  | 4,64  | 4,80  | 0,66                 | 2,56                 |
| Sonstige Bestandteile          | CO <sub>2</sub> | S } Sp.                 |       | ZrO <sub>2</sub> 0,04 | BaO               | CO <sub>2</sub> 0,21 | —     | —     | —     | CO <sub>2</sub> 0,42 | NiO 0,02             |
|                                | S               | SrO } Sp.               |       | Cl 0,02               | SrO               | SO <sub>2</sub> 0,05 | —     | —     | —     | BaO 0,15             | BaO 0,15             |
|                                | SrO             | Li <sub>2</sub> O } Sp. |       | BaO 0,11              | Li <sub>2</sub> O | Cl 0,02              | —     | —     | —     | SrO 0,09             | SrO 0,09             |
|                                |                 |                         |       | SO <sub>3</sub> Sp.   |                   | BaO 0,07             | 2,20  | 0,41  | 2,06  | ZrO <sub>2</sub> Sp. | ZrO <sub>2</sub> Sp. |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,56            | 0,51                    | 0,39  | 0,56                  | 0,92              | 1,45                 | —     | —     | —     | 2,19                 | 1,37                 |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,33            | 0,31                    | 0,10  | —                     | 0,22              | 0,29                 | —     | —     | —     | 1,49                 | 1,17                 |
| Sa. . . . .                    | 100,17          | 100,30                  | 99,91 | 100,82                | 100,12            | 100,26               | 99,98 | 99,81 | 99,93 | 100,47               | 100,20               |
| Spez. Gew. . . . .             | 2,664           | 2,715                   | —     | —                     | —                 | —                    | —     | —     | —     | 2,78                 | —                    |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 76,36 | 73,62 | 73,32 | 73,53 | 68,32 | 64,02 | 81,83 | 82,07 | 75,62 | 61,78 | 56,50 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,40  | 0,53  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,79  | —     | —     | —     | 1,22  | 0,72  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,13  | 0,07  | 0,13  | 0,07  | 0,07  | 0,07  | —     | —     | —     | 0,07  | 0,26  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,03 | 9,81  | 10,42 | 9,83  | 11,26 | 11,31 | 9,02  | 7,86  | 10,51 | 12,39 | 9,80  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,53  | 0,66  | 0,73  | 1,12  | 0,20  | 0,46  | —     | 0,06  | 0,20  | 2,66  | 1,24  |
| FeO                            | 1,19  | 2,32  | 1,79  | 1,52  | 3,73  | 4,69  | —     | 1,17  | 1,89  | 5,24  | 3,27  |
| MnO                            | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | 0,13  | 0,52  | 1,28  | —     | 0,13  |
| MgO                            | 1,06  | 2,32  | 1,86  | 2,71  | 4,65  | 6,75  | —     | 0,91  | 1,28  | 1,14  | 14,17 |
| CaO                            | 2,99  | 4,84  | 4,45  | 4,22  | 6,41  | 7,34  | 1,06  | 0,91  | 1,95  | 11,93 | 8,62  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,12  | 2,32  | 4,38  | 3,30  | 3,66  | 3,11  | 4,91  | 4,16  | 5,12  | 3,04  | 3,46  |
| K <sub>2</sub> O               | 3,19  | 3,51  | 2,46  | 3,17  | 1,24  | 1,46  | 3,05  | 3,25  | 3,43  | 0,53  | 1,83  |



| N <sup>o</sup> | Gestein          | Ort  | Lagerung                               | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | O <sup>a</sup><br>H | MgO  | CaO   | O <sup>b</sup><br>H | Mt   | Analytiker            |
|----------------|------------------|--|--|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|---------------------|------|-------|---------------------|------|-----------------------|
| 1              | Quarzmonzonit    | Lone Pine Creek,<br>Mt. Withney            | Meso-<br>zoisch<br>älter als<br>Neocom | 69,36 | 5,04  | 25,60 | 7,31 | 2,72 | 36,79 | 47,52 | 15,69 | 3,19                | 1,06 | 0,27  | 0,66                | 1,06 | R. C. Wells           |
| 2              | Quarzmonzonit    | Diamond Mesa, Mt. Withney                  |  | 62,56 | 11,00 | 26,44 | 5,83 | 3,98 | 29,67 | 44,88 | 25,45 | 3,51                | 2,32 | 0,86  | 1,66                | 1,32 | R. C. Wells           |
| 3              | Granodiorit      | Lake Tenaya, Yosemite<br>Park, Mariposa    |  | 69,04 | 9,04  | 21,92 | 6,84 | 3,58 | 28,51 | 50,75 | 20,74 | 2,46                | 1,86 | 0,87  | 1,06                | 1,46 | W. F. Hille-<br>brand |
| 4              | Quarzmonzonit    | Nevada Falls Trail,<br>Yosemite Valley     |  | 65,20 | 10,32 | 24,48 | 6,47 | 3,36 | 38,90 | 40,49 | 20,61 | 3,17                | 2,71 | 0,86  | 0,47                | 2,24 | W. Valentine          |
| 5              | Quarzdiorit      | Chowchilla River,<br>Mariposa Co.          |  | 64,64 | 16,86 | 18,50 | 4,90 | 6,36 | 15,35 | 45,30 | 39,35 | 1,24                | 5,49 | 0,92  | 2,29                | 1,18 | W. F. Hille-<br>brand |
| 6              | Quarziorit       | Yaqui Creek, Mariposa Co.                  | Pliozän                                | 63,52 | 24,08 | 12,40 | 4,57 | 6,74 | 18,39 | 39,17 | 42,44 | 1,46                | 6,75 | 0,60  | 4,23                | 0,92 | G. Steiger            |
| 7              | Rhyolith         | Mono Craters, Mono Lake                    |  | 67,92 | 0,26  | 31,82 | 7,96 | 1,06 | 35,92 | 57,83 | 6,25  | 3,05                | 0,13 | —     | —                   | —    | T. M. Chatard         |
| 8              | Rhyolithobsidian | Mono Lake                                  |  | 61,08 | 4,30  | 34,62 | 7,41 | 0,45 | 42,54 | 54,45 | 3,01  | 3,25                | 0,52 | 0,46  | 1,11                | 0,12 | W.H. Melville         |
| 9              | Rhyolithbimsst.  | Mono Lake                                  |  | 76,21 | 6,34  | 17,45 | 8,55 | 1,95 | 35,99 | 53,73 | 10,28 | 3,43                | 1,28 | —     | 0,01                | 1,69 | W.H. Melville         |
| 10             | Olivinbasalt     | Dardanelles, Stanislaus Co.,<br>Alpine Co. | Pliozän                                | 63,84 | 18,98 | 17,18 | 3,57 | 8,82 | 6,64  | 38,10 | 55,26 | 0,53                | 1,14 | 3,11  | 2,58                | 5,32 | G. Steiger            |
| 11             | Basalt           | San Joaquin River,<br>Madera Co.           |  | 60,36 | 43,36 | —     | 3,72 | 5,29 | 4,51  | 24,24 | 45,83 | 29,93               | 1,83 | 14,17 | 4,11                | 2,16 | 2,48                  |

Literatur: 1, 2. Washington, II, S. 187, Nr. 146, S. 249, Nr. 20. — 3. H. W. Turner, U. S. Geol. Surv. Ann. R. 14, 1894, S. 482. — H. W. Turner, Journ. Geol. VII, 1899, S. 152. — 5, 6. H. W. Turner, Journ. Geol. III, 1895, S. 403, VII, 1899, S. 150. — 7. J. C. Russel, U. S. Geol. Surv. Ann. R. 8, 1888, S. 360. — 8, 9. W. Lindgren, U. S. Geol. S. Bull. 150, 1898, S. 151, 149. — 10. F. L. Ransome, U. S. Geol. S. Bull. 89, 1898, S. 58. — 11. U. S. Geol. S. Bull. 168, 1900, S. 218.



## Sierra Nevada und Cascade Range II. Tuolumne, Amador, Eldorado, Placer Co.

## A. Gewichtsprozent.

|                                    | 1           | 2                                  | 3                     | 4                    | 5        | 6        | 7      | 8      | 9                                     | 10                    | 11       | 12                    | 13                    | 14                    |
|------------------------------------|-------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------|----------|--------|--------|---------------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| SiO <sub>2</sub> . .               | 65,81       | 62,33                              | 59,43                 | 56,78                | 56,19    | 73,23    | 67,45  | 73,00  | 65,54                                 | 59,48                 | 64,67    | 60,09                 | 66,65                 | 63,85                 |
| TiO <sub>2</sub> . .               | 0,54        | 1,05                               | 1,38                  | 1,15                 | 0,69     | 0,09     | 0,58   | —      | 0,39                                  | 0,93                  | 0,51     | 0,63                  | 0,38                  | 0,58                  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . .  | 0,23        | 0,29                               | 0,58                  | 0,42                 | 0,55     | 0,02     | 0,12   | —      | 0,18                                  | 0,33                  | 0,12     | 0,12                  | 0,10                  | 0,13                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 15,11       | 17,30                              | 16,68                 | 16,86                | 16,76    | 12,73    | 15,51  | 16,38  | 16,52                                 | 17,25                 | 16,62    | 16,43                 | 16,15                 | 15,84                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 1,85        | 3,00                               | 2,54                  | 3,56                 | 3,05     | 0,99     | 1,76   | —      | 1,40                                  | 2,15                  | 0,51     | 2,28                  | 1,52                  | 1,91                  |
| FeO . .                            | 1,40        | 1,63                               | 3,48                  | 2,93                 | 4,18     | 0,16     | 2,21   | 0,99   | 2,49                                  | 4,06                  | 0,76     | 3,01                  | 2,36                  | 2,75                  |
| MnO . .                            | —           | 0,08                               | Sp.                   | —                    | 0,10     | Sp.      | —      | —      | 0,06                                  | 0,11                  | Sp.      | 0,12                  | 0,10                  | 0,07                  |
| MgO . .                            | 0,37        | 1,05                               | 1,84                  | 3,41                 | 3,79     | 0,22     | 1,10   | 0,48   | 2,52                                  | 2,67                  | 2,26     | 4,37                  | 1,74                  | 2,07                  |
| CaO . .                            | 1,98        | 3,23                               | 4,09                  | 6,57                 | 6,53     | 0,61     | 3,60   | 2,42   | 4,88                                  | 6,50                  | 9,50     | 5,76                  | 4,53                  | 4,76                  |
| Na <sub>2</sub> O . .              | 2,59        | 4,21                               | 3,72                  | 3,19                 | 2,53     | 1,91     | 3,47   | 4,53   | 4,09                                  | 3,53                  | 4,10     | 4,52                  | 3,40                  | 3,29                  |
| K <sub>2</sub> O . .               | 5,24        | 4,46                               | 5,04                  | 3,48                 | 4,46     | 5,17     | 3,66   | 1,87   | 1,95                                  | 2,27                  | 0,34     | 0,70                  | 2,65                  | 3,08                  |
| Sonstige Bestandteile              | BaO 0,10    | ZrO <sub>2</sub> 0,04              | BaO 0,14              | CO <sub>2</sub> 0,18 | BaO 0,19 | BaO 0,02 | —      | —      | BaO }<br>SrO }<br>Li <sub>2</sub> O } | BaO 0,09              | BaO 0,02 | CO <sub>2</sub> 0,07  | FeS <sub>2</sub> 0,02 | FeS <sub>2</sub> 0,04 |
|                                    |             | FeS <sub>2</sub> 0,06              | ZrO <sub>2</sub> 0,08 |                      |          |          |        |        | SrO }<br>Li <sub>2</sub> O }          | FeS <sub>2</sub> 0,34 | SrO Sp.  | FeS <sub>2</sub> 0,07 | BaO 0,07              | BaO 0,06              |
|                                    |             | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,01 |                       |                      |          |          |        |        |                                       |                       |          | BaO }                 | SrO }                 | SrO }                 |
|                                    |             | BaO 0,24                           |                       |                      |          |          |        |        |                                       |                       |          | SrO }                 | Li <sub>2</sub> O }   | Li <sub>2</sub> O }   |
| H <sub>2</sub> O + . .             | nicht best. | 0,75                               | 0,99                  | 1,36                 | 1,00     | 4,51     | 0,63   | 0,52   | 0,59                                  | 0,71                  | 0,37     | 1,16                  | 0,72                  | 1,65                  |
| H <sub>2</sub> O — . .             | best.       | 0,44                               | Cl 0,05               | —                    | —        | 0,53     | 0,14   | —      | 0,12                                  | 0,09                  | 0,08     | 0,20                  | 0,18                  | 0,28                  |
| Sa. . .                            | 95,22       | 100,33                             | 100,04                | 99,89                | 100,02   | 100,19   | 100,23 | 100,19 | 100,73                                | 100,17                | 99,86    | 99,80                 | 100,57                | 100,36                |
| Spez. Gew.                         | 2,38        | inkl. SrO 0,05 C 0,11              | —                     | —                    | —        | —        | —      | —      | —                                     | —                     | —        | —                     | —                     | —                     |

## B. Molekularprozent.

|                                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . .               | 76,82 | 70,92 | 67,21 | 63,81 | 62,75 | 83,74 | 74,28 | 79,06 | 70,83 | 65,58 | 69,68 | 65,88 | 72,33 | 70,84 |
| TiO <sub>2</sub> . .               | 0,49  | 0,89  | 1,22  | 0,97  | 0,58  | 0,07  | 0,46  | —     | 0,32  | 0,79  | 0,39  | 0,53  | 0,32  | 0,47  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . .  | 0,15  | 0,14  | 0,28  | 0,20  | 0,26  | —     | 0,07  | —     | 0,06  | 0,14  | 0,06  | 0,06  | 0,07  | 0,06  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 10,36 | 11,60 | 11,10 | 11,14 | 11,01 | 8,57  | 10,05 | 10,47 | 10,51 | 11,18 | 10,54 | 10,59 | 10,94 | 10,32 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . | 0,84  | 1,30  | 1,08  | 1,50  | 1,27  | 0,41  | 0,73  | —     | 0,58  | 0,93  | 0,19  | 0,92  | 0,58  | 0,80  |
| FeO . .                            | 1,33  | 1,50  | 3,27  | 2,75  | 3,89  | 0,14  | 2,05  | 0,91  | 2,27  | 3,77  | 0,71  | 2,76  | 2,15  | 2,60  |
| MnO . .                            | —     | 0,07  | —     | —     | 0,09  | —     | —     | —     | 0,06  | 0,14  | —     | 0,13  | 0,07  | 0,06  |
| MgO . .                            | 0,63  | 1,77  | 3,12  | 5,75  | 6,35  | 0,41  | 1,85  | 0,78  | 4,09  | 4,43  | 3,04  | 7,17  | 2,86  | 3,46  |
| CaO . .                            | 2,52  | 3,89  | 5,02  | 7,91  | 7,89  | 0,76  | 4,23  | 2,80  | 5,64  | 7,68  | 10,93 | 6,77  | 5,21  | 5,66  |
| Na <sub>2</sub> O . .              | 2,94  | 4,64  | 4,07  | 3,47  | 2,73  | 2,06  | 3,70  | 4,68  | 4,28  | 3,77  | 4,27  | 4,73  | 3,53  | 3,53  |
| K <sub>2</sub> O . .               | 3,92  | 3,28  | 3,63  | 2,50  | 3,18  | 3,84  | 2,58  | 1,30  | 1,36  | 1,59  | 0,19  | 0,46  | 1,89  | 2,20  |



| N <sup>o</sup> | Gestein                    | Ort  | Lagerung         | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |            |
|----------------|----------------------------|--|------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|------|------|------|------------|------------|
| 1              | Latitpechstein<br>Biot. f. | Griswold Creek, Sierra Nevada                                    |                  | 65,94 | 3,92  | 30,14 | 6,86 | 2,52 | 48,28 | 36,21 | 15,51 | 3,92             | 0,63 | —    | 0,98 | —    | 2,17       | G. Steiger |
| 2              | Biotitaugitlatit           | Clover Meadow, Tuolumne Co.                                      |                  | 78,08 | 7,10  | 14,82 | 7,92 | 3,68 | 33,61 | 47,54 | 18,85 | 3,28             | 1,77 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 2,60       | Hillebrand |
| 3              | Augitlatit                 | Dardanelle Flow, 4 miles SW Clover Meadow                        |                  | 75,20 | 16,02 | 8,78  | 7,70 | 3,40 | 38,62 | 43,30 | 18,08 | 3,63             | 3,12 | 1,62 | 2,18 | 2,16 | „          |            |
| 4              | Augitlatit                 | Table Mt. Flow, Clover Meadow                                    |                  | 68,44 | 22,48 | 9,08  | 5,97 | 5,17 | 29,20 | 40,54 | 30,26 | 2,50             | 5,75 | 2,74 | 1,25 | 3,00 | „          |            |
| 5              | Augitlatit                 | Table Mt. Flow, Clover Meadow                                    |                  | 67,68 | 26,24 | 6,08  | 5,91 | 5,10 | 37,59 | 32,27 | 30,14 | 3,18             | 6,35 | 2,79 | 2,80 | 2,54 | „          |            |
| 6              | Rhyolith                   | Buena Vista Peak, Amador Co.                                     |                  | 52,15 | 1,37  | 46,48 | 5,90 | 0,76 | 61,15 | 32,80 | 6,05  | 3,84             | 0,41 | —    | 1,91 | —    | 0,55       | „          |
| 7              | Granodiorit                | Pyramid Peak, Eldorado Co.                                       |                  | 65,32 | 8,72  | 25,96 | 6,28 | 3,77 | 31,58 | 45,29 | 23,13 | 2,58             | 1,85 | 0,46 | 1,32 | 1,46 | G. Steiger |            |
| 8              | Granit                     | Rocklin, Placer Co.  |                  | 60,73 | 3,38  | 35,89 | 5,98 | 2,80 | 17,62 | 63,41 | 18,97 | 1,30             | 0,78 | —    | 1,69 | 0,91 | —          | Melville   |
| 9              | Granodiorit                | Lincoln Ophir, Placer Co.  |                  | 64,60 | 14,38 | 21,02 | 5,64 | 4,87 | 16,83 | 52,97 | 30,20 | 1,36             | 4,09 | 0,77 | 1,75 | 1,16 | Hillebrand |            |
| 10             | Granodiorit                | Donner-Paß, Placer Co.   |                  | 66,16 | 20,40 | 13,44 | 5,36 | 5,82 | 19,22 | 45,59 | 35,19 | 1,59             | 4,43 | 1,86 | 2,98 | 1,86 | „          |            |
| 11             | Augitgranit                | English Mts., Placer Co., Caseys-Tunnel, Flat Ledge, Duncan Hill |                  | 60,00 | 17,20 | 22,80 | 4,46 | 6,08 | 2,53  | 56,93 | 40,54 | 0,19             | 3,04 | 4,85 | 0,52 | 0,38 | „          |            |
| 12             | Camptonit                  | Ophir-Distrikt, Placer Co.                                       | Gang             | 63,12 | 22,86 | 14,02 | 5,19 | 5,40 | 5,83  | 59,95 | 34,22 | 0,46             | 7,17 | 1,37 | 1,97 | 1,84 | „          |            |
| 13             | Granodiorit                | Nevada City, Nevada Co. Kate Hayes Hill                          | Alter:<br>untere | 64,86 | 10,16 | 24,98 | 5,47 | 5,21 | 23,39 | 44,31 | 32,30 | 1,89             | 2,86 | —    | 0,26 | 1,64 | 1,16       | „          |
| 14             | Granodiorit                | Grass Valley, Nevada Co.   | Kreide           | 64,20 | 14,38 | 21,42 | 5,73 | 4,59 | 27,40 | 43,96 | 28,64 | 2,20             | 3,46 | 2,20 | 1,86 | 1,60 | „          |            |

Literatur: 1, 3, 4, F. L. Ransome, Am. Journ. Sc. V, 1898, S. 363, 663. — 2, 5, 13, 14, H. W. Turner, U. S. Geol. S. Ann. Rep. 17, II, 1896, S. 38, 44, 491, 727. — 6, H. W. Turner, Journ. Geol. III, 1897, S. 407. — 7, W. Lindgren, Am. Journ. Sc. III, 1897, S. 306. 8, W. Lindgren, U. S. Geol. S. B. 150, 1898, S. 172 — 9, 12, W. Lindgren, U. S. Geol. S. Ann. Rep. 14, II, 1894, S. 255, 262. 10, 11, W. Lindgren, U. S. Geol. S. B. 148, 1897, S. 212.



Sierra Nevada und Cascade Range III: Sierra Co., Butte Co., Tehama Co.  
A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1   | 2  | 3   | 4   | 5  | 6   | 7  | 8                    | 9  | 10                  | 11  | 12  | 13  | 14   |
|--------------------------------------|---|--|---|---|--|---|--|----------------------|--|---------------------|---|---|---|--|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 68,65   | 66,65  | 57,26   | 66,94   | 60,02  | 59,34   | 63,43  | 55,20                | 74,65  | 73,62               | 73,64   | 63,47   | 58,08   | 57,04  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,28  | 0,33   | 0,53  | 0,30  | 0,42   | 0,32  | 0,73   | 0,92                 | 0,21   | 0,21                | 0,11  | 0,37  | 0,44  | 0,47   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,15  | 0,18   | 0,30  | 0,12  | 0,17   | 0,25  | 0,11   | 0,24                 | Sp.  | 0,02                | 0,06  | 0,16  | 0,16  | 0,08   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 16,34   | 17,61  | 16,51   | 16,49   | 16,07  | 17,61   | 14,20  | 18,68                | 14,11  | 14,24               | 13,44   | 16,75   | 18,37   | 19,11  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,93  | 0,93   | 3,27  | 1,41  | 2,17   | 3,63  | 1,54   | 3,14                 | 1,08   | 0,93                | 0,60  | 2,15  | 2,92  | 4,37   |
| FeO . . .                            | 1,48  | 1,67   | 5,19  | 1,87  | 3,46   | 2,28  | 4,56   | 4,42                 | 0,29   | 0,67                | 0,74  | 2,75  | 3,38  | 2,48   |
| MnO . . .                            | 0,08  | 0,07   | 0,18  | 0,13  | 0,12   | 0,12  | 0,03   | 0,14                 | 0,11   | 0,08                | 0,06  | 0,09  | 0,13  | 0,12   |
| MgO . . .                            | 1,29  | 1,26   | 3,41  | 1,98  | 4,57   | 3,50  | 2,35   | 4,59                 | 0,20   | 0,33                | 0,26  | 3,04  | 3,35  | 3,94   |
| CaO . . .                            | 3,07  | 4,44   | 6,69  | 4,77  | 7,01   | 6,45  | 5,51   | 8,02                 | 0,80   | 1,07                | 1,26  | 5,72  | 7,05  | 7,34   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,85  | 4,59   | 2,65  | 3,88  | 3,55   | 3,40  | 3,49   | 3,66                 | 2,81   | 3,25                | 3,51  | 3,94  | 3,66  | 3,48   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,85  | 1,70   | 2,93  | 1,65  | 1,59   | 1,94  | 2,19   | 1,01                 | 4,59   | 4,28                | 4,50  | 1,62  | 1,33  | 1,16   |
| Sonst. Bestandteile                  | BaO 0,09<br>SrO 0,07<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,12<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O } Sp. | BaO 0,10<br>SrO 0,06<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,06<br>SrO 0,05<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | SO <sub>3</sub> 0,06<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>BaO 0,08<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O } Sp. | BaO 0,11<br>SrO 0,14<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,06<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O } Sp. | BaO 0,03<br>SrO 0,02 | BaO 0,08<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O } Sp. | BaO 0,10<br>SrO Sp. | BaO 0,11<br>SrO 0,02<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,04<br>SrO 0,04<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,03<br>SrO 0,02<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO Sp.<br>SrO 0,02<br>Li <sub>2</sub> O Sp. |
| H <sub>2</sub> O + . .               | 0,62  | 0,41   | 0,95  | 0,22  | 0,45   | 0,74  | 1,50   | 0,51                 | 1,40   | 1,29                | 1,99  | 0,55  | 1,09  | 1,09   |
| H <sub>2</sub> O — . .               | 0,24  | 0,03   | 0,20  | 0,35  | 0,24   | 0,64  | 0,15   | —                    | —  | —                   | —   | —   | —   | —  |
| Sa. . . . .                          | 99,99   | 99,99  | 100,23  | 100,23  | 99,96  | 100,37  | 99,85  | 100,58               | 100,33   | 100,09              | 100,30  | 100,66  | 100,01  | 100,70                                       |
| Spez. Gew.                           | —   | —  | —   | —   | —  | —   | —  | —                    | —  | —                   | —   | —   | —   | —  |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 75,22 | 73,00 | 63,64 | 72,61 | 64,89 | 65,89 | 69,72 | 60,21 | 82,38 | 81,15 | 81,37 | 68,70 | 64,27 | 63,12 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,26  | 0,26  | 0,47  | 0,26  | 0,32  | 0,27  | 0,59  | 0,79  | 0,20  | 0,20  | 0,07  | 0,32  | 0,40  | 0,40  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,07  | 0,07  | 0,13  | 0,06  | 0,06  | 0,13  | 0,07  | 0,13  | —     | —     | —     | 0,07  | 0,06  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 10,52 | 11,30 | 10,81 | 10,47 | 10,19 | 11,46 | 9,17  | 11,98 | 9,14  | 9,26  | 8,75  | 10,65 | 11,95 | 12,41 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,39  | 0,39  | 1,33  | 0,59  | 0,92  | 1,48  | 0,66  | 1,30  | 0,46  | 0,40  | 0,27  | 0,91  | 1,20  | 1,79  |
| FeO . . .                            | 1,31  | 1,58  | 4,80  | 1,76  | 3,18  | 2,13  | 4,16  | 3,99  | 0,26  | 0,60  | 0,66  | 2,53  | 3,19  | 2,32  |
| MnO . . .                            | 0,07  | 0,07  | 0,20  | 0,13  | 0,06  | 0,13  | —     | 0,13  | 0,07  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | 0,13  | 0,13  |
| MgO . . .                            | 2,10  | 2,10  | 5,67  | 3,25  | 7,40  | 5,86  | 3,89  | 7,53  | 0,33  | 0,53  | 0,46  | 4,94  | 5,58  | 6,57  |
| CaO . . .                            | 3,62  | 5,19  | 8,01  | 5,60  | 8,11  | 7,66  | 6,53  | 9,36  | 0,93  | 1,32  | 1,46  | 6,62  | 8,37  | 8,69  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 5,13  | 4,86  | 2,87  | 4,10  | 3,70  | 3,66  | 3,69  | 3,86  | 2,98  | 3,44  | 3,71  | 4,09  | 3,92  | 3,71  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,31  | 1,18  | 2,07  | 1,17  | 1,17  | 1,33  | 1,52  | 0,72  | 3,25  | 3,04  | 3,18  | 1,10  | 0,93  | 0,86  |



| Z. | Gestein                        | Ort                                    | Lage-<br>rung     | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | O <sub>2</sub> W | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|----|--------------------------------|--|-------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------------------|-------|------|------|------------------|
| 1  | Granodiorit                    | Indian Valley, Sierra Co.              | Gang im<br>Granit | 66,46 | 6,96  | 26,58 | 6,44 | 3,62 | 15,88 | 62,18 | 21,94 | 1,31             | 2,10             | -0,46 | 0,98 | 0,78 | W. F. Hillebrand |
| 2  | Quarzdi-<br>orit-<br>porphyrit | Indian Valley, Sierra Co.              |                   | 69,15 | 7,50  | 23,35 | 6,04 | 5,19 | 13,66 | 56,25 | 30,09 | 1,18             | 2,10             | -0,07 | 1,26 | 0,78 | "                |
| 3  | Quarzdi-<br>orit               | Milton, Sierra Co.                     |                   | 63,00 | 25,62 | 11,38 | 4,94 | 5,87 | 26,27 | 36,42 | 37,31 | 2,07             | 5,67             | 2,14  | 3,67 | 2,66 | "                |
| 4  | Hypersthen-<br>andesit         | Goodyears Bar, Sierra Co.              |                   | 62,96 | 11,08 | 25,96 | 5,27 | 5,20 | 14,87 | 52,10 | 33,03 | 1,17             | 3,25             | 0,40  | 1,30 | 1,18 | H. N. Stokes     |
| 5  | Andesit                        | Downieville, Sierra Co.                |                   | 60,24 | 26,86 | 12,90 | 4,87 | 5,32 | 15,54 | 49,14 | 35,32 | 1,17             | 7,40             | 2,79  | 2,32 | 1,84 | "                |
| 6  | Andesit                        | Poker Flat, Sierra Co.                 |                   | 65,80 | 18,62 | 15,58 | 4,99 | 6,47 | 16,16 | 44,47 | 39,37 | 1,33             | 5,86             | 1,19  | 1,78 | 2,96 | W. F. Hillebrand |
| 7  | Granodiorit                    | Bei Bangor, Butte Co.                  |                   | 57,52 | 21,24 | 21,24 | 5,21 | 3,96 | 21,14 | 51,32 | 27,54 | 1,52             | 3,89             | 2,57  | 3,50 | 1,32 | "                |
| 8  | Hypersthen-<br>andesit         | Bidwells Road, Butte Co.               |                   | 66,22 | 27,24 | 6,54  | 4,58 | 7,40 | 8,70  | 46,62 | 44,68 | 0,72             | 7,53             | 1,96  | 2,82 | 2,60 | "                |
| 9  | Rhyolith                       | Deer Creek Meadow,<br>Tehama Co.       |                   | 55,54 | 1,52  | 42,94 | 6,23 | 0,93 | 48,51 | 44,48 | 7,01  | 3,25             | 0,33             | -1,98 | —    | 0,79 | "                |
| 10 | Rhyolith                       | Slate Creek, Tehama Co.                |                   | 58,58 | 2,38  | 39,04 | 6,48 | 1,32 | 42,58 | 48,18 | 9,24  | 3,04             | 0,53             | -1,46 | 0,26 | 0,80 | "                |
| 11 | Rhyolith                       | Slate Creek, Tehama Co.                |                   | 61,36 | 2,38  | 36,26 | 6,89 | 1,46 | 41,73 | 48,69 | 9,58  | 3,18             | 0,46             | -0,40 | 0,46 | 0,54 | "                |
| 12 | Andesit                        | Bei Suppans Mts.,<br>Tehama Co.        |                   | 63,36 | 17,40 | 19,24 | 5,19 | 5,46 | 13,89 | 51,64 | 34,47 | 1,10             | 4,94             | 1,16  | 1,69 | 1,82 | "                |
| 13 | Andesit                        | Westbasis, Suppans Mts.,<br>Tehama Co. |                   | 67,20 | 20,34 | 12,46 | 4,85 | 7,10 | 11,07 | 46,67 | 42,26 | 0,93             | 5,58             | 1,27  | 2,12 | 2,40 | "                |
| 14 | Andesit                        | Suppans Mts., Tehama Co.               |                   | 67,92 | 19,74 | 12,34 | 4,57 | 7,84 | 10,13 | 43,70 | 46,17 | 0,86             | 6,57             | 0,85  | 0,66 | 3,58 | "                |

Literatur: 1—6. H. W. Turner, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 17. I. 1896, S. 721, 724, 731.

7. H. W. Turner, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 14. II. 1896, S. 482.

8—14. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. B. 148, 1887, S. 192, 196.



Sierra Nevada und Cascade Range IV: Plumas Co.  
A. Gewichtsprozent.

|                                      | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8   | 9                        | 10   | 11   | 12  | 13     | 14     |
|--------------------------------------|---|---|---|---|--|--|--|---|--------------------------|--|--|---|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 74,24   | 72,40   | 71,39   | 76,00   | 59,68  | 60,20  | 67,33  | 58,47                                     | 50,56                    | 53,91  | 52,81  | 56,88   | 51,21  | 55,53  |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,20  | 0,18  | 0,17  | 0,04  | 0,65   | 0,57   | 0,36   | 0,51                                      | 1,71                     | 0,52   | 0,84   | 0,45  | 0,31   | 0,56   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,07  | 0,03  | 0,03  | 0,11  | 0,25   | 0,17   | 0,11   | 0,22                                      | 1,14                     | 0,21   | 0,23   | 0,30  | 0,09   | 0,21   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 14,50   | 14,81   | 14,13   | 14,88   | 17,09  | 17,21  | 15,93  | 18,80                                     | 14,71                    | 17,95  | 16,60  | 18,25   | 17,59  | 17,63  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,27  | 0,81  | 0,63  | 0,65  | 2,85   | 3,12   | 1,90   | 3,34                                      | 3,54                     | 2,21   | 2,66   | 2,35  | 4,71   | 2,81   |
| FeO . . .                            | 0,67  | 0,88  | 0,37  | 0,10  | 2,75   | 2,69   | 1,59   | 2,64                                      | 8,90                     | 4,80   | 6,13   | 4,45  | 4,42   | 3,59   |
| MnO . . .                            | 0,06  | 0,07  | Sp.   | Sp.   | Sp.  | 0,12   | 0,09   | 0,13                                      | 0,13                     | 0,10   | —  | 0,18  | Sp.    | 0,08   |
| MgO . . .                            | 0,25  | 0,47  | 0,08  | 0,06  | 3,54   | 3,18   | 1,63   | 2,69                                      | 4,07                     | 5,52   | 6,12   | 4,07  | 7,12   | 5,85   |
| CaO . . .                            | 0,11  | 1,94  | 1,01  | 0,19  | 6,62   | 6,04   | 4,09   | 6,60                                      | 7,58                     | 10,40  | 10,14  | 7,53  | 10,36  | 8,74   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,00  | 3,91  | 2,89  | 3,52  | 3,31   | 3,35   | 3,76   | 3,58                                      | 2,94                     | 2,90   | 2,79   | 3,29  | 2,49   | 3,09   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 3,66  | 3,90  | 5,69  | 2,77  | 1,31   | 1,44   | 2,46   | 2,01                                      | 2,10                     | 1,34   | 1,05   | 1,42  | 0,91   | 0,92   |
| Sonst. Bestandteile                  | SO <sub>3</sub> 0,03<br>BaO 0,18<br>SrO Sp.<br>2,04 | BaO 0,10<br>SrO 0,04<br>Li <sub>2</sub> O Sp.<br>0,59 | BaO 0,09<br>SrO } Sp.<br>Cl }<br>F }<br>BaO }<br>3,32<br>0,42 | SO <sub>3</sub> }<br>Cl }<br>F }<br>BaO }<br>1,42<br>0,20 | CO <sub>2</sub> 0,20<br>SO <sub>3</sub> Sp.<br>Cl 0,03<br>BaO 0,04 | BaO 0,11<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O }<br>1,18<br>1,12 | BaO 0,08<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O }<br>0,66<br>0,19 | SrO 0,05<br>Li <sub>2</sub> O Sp.<br>0,92 | BaO 0,25<br>SrO Sp.<br>— | SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O }<br>0,20<br>0,20 | BaO 0,03<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O }<br>0,54<br>0,38 | BaO 0,11<br>SrO 0,04<br>Li <sub>2</sub> O Sp.<br>0,50 | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O + . .               | —   | —   | —   | —   | —  | —  | —  | —   | —                        | —  | —  | —   | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O — . .               | —   | —   | —   | —   | —  | —  | —  | —   | —                        | —  | —  | —   | —      | —      |
| Sa. . . .                            | 100,28  | 100,13  | 100,22  | 99,94   | 100,03<br>(SrO } Sp.)<br>(Li <sub>2</sub> O }                      | 100,50   | 100,18   | 100,19                                    | 99,81                    | 100,31   | 100,32   | 100,06  | 100,86 | 100,33 |
| Spez. Gew.                           | —   | —   | —   | —   | —  | —  | —  | —   | —                        | —  | —  | —   | —      | —      |

B. Molekularprozent.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 82,80 | 79,26 | 81,12 | 83,90 | 65,76 | 67,00 | 73,77 | 65,44 | 57,43 | 58,00 | 56,85 | 62,42 | 55,71 | 60,17 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,20  | 0,13  | 0,14  | —     | 0,53  | 0,47  | 0,33  | 0,40  | 1,42  | 0,45  | 0,71  | 0,39  | 0,26  | 0,46  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | 0,06  | 0,13  | 0,07  | 0,06  | 0,13  | 0,54  | 0,07  | 0,13  | 0,13  | —     | 0,06  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 9,50  | 9,52  | 9,41  | 9,68  | 11,04 | 11,29 | 10,26 | 12,35 | 9,81  | 11,35 | 10,53 | 11,78 | 11,22 | 11,24 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,54  | 0,32  | 0,26  | 0,27  | 1,19  | 1,34  | 0,79  | 1,35  | 1,50  | 0,90  | 1,10  | 0,99  | 1,89  | 1,10  |
| FeO . . .                            | 0,54  | 0,79  | 0,34  | 0,06  | 2,58  | 2,54  | 1,45  | 2,48  | 8,31  | 4,32  | 5,49  | 4,08  | 3,98  | 3,25  |
| MnO . . .                            | 0,07  | 0,06  | —     | —     | —     | 0,13  | 0,06  | 0,13  | 0,14  | 0,07  | —     | 0,20  | —     | 0,06  |
| MgO . . .                            | 0,40  | 0,79  | 0,14  | 0,13  | 5,88  | 5,34  | 2,70  | 4,50  | 6,95  | 8,90  | 9,88  | 6,71  | 11,61 | 9,49  |
| CaO . . .                            | 0,13  | 2,30  | 1,23  | 0,20  | 7,80  | 7,21  | 4,80  | 7,92  | 9,20  | 11,94 | 11,69 | 8,82  | 12,07 | 10,27 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,21  | 4,14  | 3,20  | 3,71  | 4,16  | 3,61  | 4,01  | 3,89  | 3,20  | 3,03  | 2,91  | 3,49  | 2,61  | 3,25  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,61  | 2,69  | 4,16  | 1,99  | 0,93  | 1,00  | 1,77  | 1,41  | 1,50  | 0,97  | 0,71  | 0,99  | 0,65  | 0,65  |



| №  | Gestein                | Ort                            | Lage-<br>rung        | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | O <sub>2</sub> M | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|----|------------------------|--------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------------------|-------|------|------|------------------|
| 1  | Rhyolith               | Willow Lake, Plumas Co.        |                      | 50,63 | 2,02  | 47,35 | 5,82 | 0,13 | 44,31 | 54,50 | 1,19  | 2,61             | 0,40             | —3,55 | 0,07 | 1,08 | W. F. Hillebrand |
| 2  | Rhyolith               | Mt. Stover, Plumas Co.         |                      | 64,23 | 3,28  | 32,49 | 6,83 | 2,30 | 33,71 | 51,88 | 14,41 | 2,69             | 0,79             | —0,39 | 0,53 | 0,64 | "                |
| 3  | Rhyolith               | Am Grizzly Peak,<br>Plumas Co. |                      | 64,62 | 0,96  | 34,42 | 7,36 | 1,23 | 52,13 | 40,10 | 7,77  | 4,16             | 0,14             | —0,82 | 0,08 | 0,52 | "                |
| 4  | Granit                 | Grizzly Hill, Plumas Co.       | Gang in<br>Serpentin | 50,18 | 0,59  | 49,23 | 5,70 | 0,20 | 34,31 | 63,97 | 1,72  | 1,99             | 0,13             | —3,78 | 0,06 | 0,27 | H. N. Stokes     |
| 5  | Quarzdiorit            | Spanish Peak, Plumas Co.       |                      | 64,52 | 20,62 | 14,86 | 5,09 | 5,95 | 11,52 | 51,55 | 36,93 | 0,93             | 5,88             | 1,85  | 1,39 | 2,38 | "                |
| 6  | Andesit mit<br>Hornbl. | Am Pilot Peak, Plumas Co.      |                      | 63,60 | 17,08 | 19,32 | 4,61 | 6,68 | 12,58 | 45,41 | 42,01 | 1,00             | 5,34             | 0,53  | 1,33 | 2,68 | W. F. Hillebrand |
| 7  | Granodiorit            | Mt. Ingalls, SW-Basis          |                      | 64,16 | 9,06  | 26,78 | 5,78 | 4,48 | 22,07 | 50,00 | 27,93 | 1,77             | 2,70             | 0,32  | 0,72 | 1,58 | "                |
| 8  | Andesit                | Mt. Ingalls, SW-Basis          |                      | 70,60 | 15,96 | 13,44 | 5,30 | 7,05 | 15,97 | 44,05 | 39,98 | 1,41             | 4,50             | 2,62  | 1,26 | 2,70 | "                |
| 9  | Basalt                 | Bei Mt. Ingalls, 4 miles SO    |                      | 58,04 | 38,98 | 2,98  | 4,70 | 5,11 | 20,66 | 44,08 | 35,26 | 1,50             | 6,95             | 4,50  | 6,95 | 3,00 | "                |
| 10 | Basalt                 | Mt. Ingalls, 4 miles SO        |                      | 61,40 | 35,76 | 2,84  | 4,00 | 7,35 | 12,63 | 39,45 | 47,92 | 0,97             | 8,90             | 4,55  | 3,49 | 1,80 | "                |
| 11 | Basalt                 | Mt. Ingalls, 4 miles SO        |                      | 56,60 | 40,30 | 3,10  | 3,62 | 6,91 | 10,03 | 41,10 | 48,87 | 0,71             | 9,88             | 4,78  | 4,39 | 2,20 | "                |
| 12 | Hypersthen-<br>andesit | Franklin Hill, 4 miles SO      |                      | 65,04 | 25,02 | 9,94  | 4,48 | 7,30 | 12,18 | 42,93 | 44,89 | 0,99             | 6,71             | 1,52  | 3,29 | 1,98 | "                |
| 13 | Olivinbasalt           | 1 1/2 miles von Franklin Hill  |                      | 57,92 | 39,40 | 2,68  | 3,26 | 7,96 | 8,98  | 36,05 | 54,97 | 0,65             | 11,61            | 4,11  | 2,09 | 3,78 | G. Steiger       |
| 14 | Pyroxen-<br>andesit    | Butte Mt., 4 miles SO          |                      | 60,56 | 31,46 | 7,98  | 3,90 | 7,34 | 8,59  | 42,93 | 48,48 | 0,65             | 9,49             | 2,93  | 2,21 | 2,20 | W. F. Hillebrand |

Literatur: 1, 2, 14. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 148, 1897, S. 192, 195.

3, 4, 7, 8, 12, 13. H. W. Turner, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 17. I. 1896, S. 721, 724, 731, 734.

5, 9, 10, 11. H. W. Turner, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 14. II. 1894, S. 490, 491, 492.



## Sierra Nevada und Cascade

A. Gewichtss-

|                                      | 1  | 2                    | 3   | 4     | 5  | 6          | 7  | 8   |
|--------------------------------------|--|----------------------|---|-------|--|------------|--|---|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 68,32  | 67,89                | 68,72   | 69,06 | 55,14                                    | 58,97      | 53,35                                    | 61,17   |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,31   | 0,21                 | 0,31  | —     | 0,52                                     | —          | 0,56                                     | 0,45  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,12   | 0,12                 | 0,09  | —     | 0,18                                     | —          | 0,10                                     | 0,14  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 15,26  | 17,29                | 15,15   | 16,23 | 19,10                                    | 18,60      | 19,22                                    | 17,74   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,66   | 2,39                 | 1,16  | 0,88  | 6,16                                     | 5,94       | 3,28                                     | 1,78  |
| FeO . . .                            | 1,26   | 0,21                 | 1,76  | 1,53  | 0,54                                     | nichtbest. | 4,48                                     | 3,51  |
| MnO . . .                            | 0,04   | 0,12                 | 0,11  | —     | 0,11                                     | —          | 0,15                                     | 0,12  |
| MgO . . .                            | 1,32   | 0,66                 | 1,28  | 1,34  | 4,23                                     | 6,89       | 4,86                                     | 2,76  |
| CaO . . .                            | 3,26   | 3,01                 | 3,30  | 3,17  | 8,36                                     | 2,84       | 9,76                                     | 5,90  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,27   | 5,11                 | 4,26  | 4,06  | 3,71                                     | 3,05       | 2,89                                     | 3,79  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,81   | 1,69                 | 2,78  | 3,02  | 1,04                                     | 2,24       | 0,99                                     | 1,71  |
| Sonstige Bestandteile                | BaO 0,07<br>SrO Sp.<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,03<br>SrO 0,04 | BaO 0,07<br>SrO 0,03<br>Li <sub>2</sub> O Sp. |       | SrO 0,07<br>BaO<br>Li <sub>2</sub> O)Sp. |            | SrO 0,03<br>BaO<br>Li <sub>2</sub> O)Sp. | BaO 0,06<br>SrO 0,04<br>Li <sub>2</sub> O Sp. |
| H <sub>2</sub> O + . .               | 1,37   | 1,34                 | 0,74  | 0,45  | 0,91                                     | 1,35       | 0,77                                     | 0,83  |
| H <sub>2</sub> O — . .               | —  | —                    | —   | —     | —  | —          | —  | —   |
| Sa. . . .                            | 100,07                                       | 100,11               | 99,76   | 99,74 | 100,07                                   | 99,88      | 100,44                                   | 100,00  |
| Spez. Gew. .                         | —  | —                    | —   | —     | —  | —          | —  | —   |

B. Molekular-

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 75,34 | 75,72 | 75,28 | 75,61 | 62,18 | 73,30 | 58,30 | 67,28 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,26  | 0,20  | 0,27  | —     | 0,47  | —     | 0,46  | 0,40  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,07  | 0,07  | —     | —     | 0,07  | —     | 0,06  | 0,06  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 9,92  | 11,30 | 9,73  | 10,40 | 12,65 | 13,57 | 12,33 | 11,48 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,66  | 1,00  | 0,46  | 0,33  | 2,64  | 2,76  | 1,38  | 0,73  |
| FeO . . .                            | 1,19  | 0,20  | 1,64  | 1,37  | 0,47  | —     | 4,13  | 3,23  |
| MnO . . .                            | —     | 0,14  | 0,13  | —     | 0,14  | —     | 0,13  | 0,13  |
| MgO . . .                            | 2,18  | 1,14  | 2,10  | 2,22  | 7,17  | 1,27  | 8,00  | 4,55  |
| CaO . . .                            | 3,84  | 3,55  | 3,88  | 3,73  | 10,15 | 3,73  | 11,41 | 6,93  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,56  | 5,48  | 4,54  | 4,25  | 3,99  | 3,65  | 3,08  | 4,02  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,98  | 1,20  | 1,97  | 2,09  | 0,07  | 1,72  | 0,72  | 1,19  |

| Nr. | Gestein                | Ort                                 | Lagerung              | L     | M     |
|-----|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------|-------|
| 1   | Dazit                  | Westbasis des Lassen Peak           |                       | 65,84 | 7,66  |
| 2   | Dazit(Hornbl.-Andesit) | Bunting ville, Lassen Co.           |                       | 68,71 | 4,02  |
| 3   | Dazit                  | Chaos, Lassen Peak                  | Jüngster Dazit        | 64,96 | 9,06  |
| 4   | Dazit                  | Am Lassen Peak                      |                       | 65,97 | 7,18  |
| 5   | Andesit                | Lassen Peak                         | Ausscheidung im Dazit | 66,84 | 20,85 |
| 6   | Dazit                  | Lassen Peak                         | "                     | 62,35 | 5,30  |
| 7   | Andesit                | Chaos, Lassen Peak                  | "                     | 64,52 | 30,28 |
| 8   | Andesit                | Crater Peak, N. Lassen Peak         |                       | 66,76 | 17,14 |
| 9   | Hornblendeandesit      | Tuscan Butte, Lassen Peak           |                       | 68,24 | 13,40 |
| 10  | Andesit                | Bailey Creek, SW Thumb              |                       | 64,32 | 22,96 |
| 11  | Hypersthenandesit      | Crater Peak, Lassen Peak            | Einschluß             | 61,24 | 34,90 |
| 12  | Basalt                 | Crater Peak, Lassen Peak            |                       | 65,28 | 29,94 |
| 13  | Asche                  | Lassen Peak                         | 14. Sept. 14.         | 63,12 | 12,64 |
| 14  | Basalt                 | Lake Tartarus, Lassen Peak          |                       | 61,64 | 26,66 |
| 15  | Andesitasche           | Lassen Peak, Schlammstrom Hat Creek | 1915                  | 64,72 | 9,47  |
| 16  | Pyroxenandesitbimsst.  | Crater Lassen Peak                  | 1915                  | 67,16 | 13,62 |
| 17  | Pyroxenandesit,glasig  | Crater Lassen Peak                  | 1915                  | 69,88 | 18,74 |

Literatur: 1, 3, 5, 6. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 150, 1898, S. 218. 2, 7—12. Journ. Sc. 26, 1883, S. 232. — 13, 14. Washington II, S. 259, Nr. 46, S. 409, Nr. 10.



## Range V. Lassen Peak.

prozenste.

| 9                    | 10  | 11  | 12   | 13   | 14  | 15                              | 16                 | 17   |
|----------------------|---|---|--|--|---|---------------------------------|--------------------|--|
| 60,93                | 59,84   | 53,85   | 52,95                                      | 63,86  | 57,25   | 66,45                           | 64,16              | 63,21  |
| 0,61                 | 0,57  | 0,50  | 0,66                                       | 0,45   | 0,42  | 0,39                            | 0,55               | 0,48   |
| 0,18                 | 0,19  | 0,05  | Sp.  | 0,12   | 0,18  | 0,16                            | 0,12               | 0,16   |
| 18,56                | 16,81   | 18,53   | 18,25                                      | 16,07  | 18,25   | 16,19                           | 16,87              | 17,15  |
| 2,68                 | 1,88  | 1,96  | 4,36                                       | 1,56   | 1,44  | 2,66                            | 1,46               | 1,30   |
| 2,19                 | 3,60  | 5,30  | 4,19                                       | 2,31   | 4,73  | 1,12                            | 2,77               | 3,00   |
| 0,10                 | 0,14  | 0,12  | 0,12                                       | 0,05   | 0,11  | 0,10                            | 0,08               | 0,07   |
| 2,37                 | 3,85  | 5,88  | 4,93                                       | 2,11   | 4,57  | 1,86                            | 2,60               | 2,96   |
| 6,63                 | 6,30  | 9,66  | 8,73                                       | 4,94   | 8,12  | 4,55                            | 4,96               | 5,23   |
| 3,79                 | 3,63  | 2,98  | 3,57                                       | 3,59   | 2,85  | 4,06                            | 4,09               | 4,12   |
| 1,33                 | 2,13  | 0,74  | 0,77                                       | 1,91   | 0,99  | 2,03                            | 2,29               | 2,10   |
| BaO 0,02<br>SrO 0,12 | BaO 0,07<br>SrO 0,02<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,03<br>SrO 0,04<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,01<br>SrO Sp.<br>SO <sub>3</sub> Sp. | ZrO <sub>2</sub> 0,04<br>S 0,84<br>BaO 0,03<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>BaO 0,05<br>SrO 0,08 | ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>S 0,09 | S 0,02<br>BaO 0,07 | ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>Cl 0,02<br>S 0,03<br>BaO 0,07 |
| 0,90                 | 1,04  | 0,45  | 1,47                                       | 0,81   | 0,65  | 0,68                            | 0,13               | 0,31   |
| —                    | —   | —   | —  | 1,47   | 0,31  | 0,39                            | 0,05               | 0,04   |
| 100,41               | 100,07  | 100,09  | 100,01                                     | 100,16   | 100,01  | 100,74                          | 100,22             | 100,27   |
| —                    | —   | —   | —  | —  | —   | —                               | —                  | —  |

prozenste.

| 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 67,42 | 65,53 | 58,01 | 58,84 | 71,46 | 62,31 | 72,89 | 70,20 | 68,09 |
| 0,53  | 0,46  | 0,38  | 0,53  | 0,40  | 0,33  | 0,33  | 0,53  | 0,39  |
| 0,06  | 0,07  | —     | —     | 0,07  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | 0,06  |
| 12,08 | 10,83 | 11,69 | 11,93 | 10,54 | 11,69 | 10,46 | 10,90 | 10,79 |
| 1,13  | 0,80  | 0,78  | 1,80  | 0,67  | 0,59  | 1,12  | 0,59  | 0,51  |
| 1,99  | 3,28  | 4,78  | 3,86  | 2,15  | 4,25  | 0,99  | 1,64  | 2,70  |
| 0,06  | 0,13  | 0,13  | 0,13  | —     | 0,13  | 0,07  | 0,07  | 0,06  |
| 3,92  | 6,30  | 9,50  | 8,19  | 3,56  | 7,45  | 2,96  | 4,27  | 4,75  |
| 7,83  | 7,35  | 11,11 | 10,33 | 5,91  | 9,47  | 5,39  | 5,84  | 5,97  |
| 4,05  | 3,81  | 3,10  | 3,86  | 3,90  | 3,00  | 4,34  | 4,33  | 5,27  |
| 0,93  | 1,44  | 0,52  | 0,53  | 1,34  | 0,72  | 1,38  | 1,56  | 1,41  |

| Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------|------|------------------|
| 26,50 | 6,54 | 3,38 | 24,06 | 55,41 | 20,53 | 1,98             | 2,18 | 6,46  | 0,53 | 1,32 | W. F. Hillebrand |
| 27,30 | 6,68 | 3,55 | 14,18 | 64,78 | 21,04 | 1,20             | 1,14 | -1,07 | 0,37 | 1,00 | T. M. Chatard    |
| 25,98 | 6,51 | 3,22 | 20,26 | 59,91 | 19,83 | 1,97             | 2,10 | 0,66  | 1,31 | 0,92 | W. F. Hillebrand |
| 26,85 | 6,35 | 3,73 | 25,46 | 51,78 | 22,76 | 2,09             | 2,22 | -0,32 | 1,04 | 0,66 | J. W. Shimmer    |
| 12,31 | 4,06 | 8,59 | 0,84  | 47,73 | 51,43 | 0,07             | 7,17 | 1,56  | —    | 3,25 | W. F. Hillebrand |
| 32,35 | 5,37 | 3,73 | 23,76 | 50,41 | 25,83 | 1,72             | 1,27 | -4,47 | —    | 2,76 | T. M. Chatard    |
| 5,20  | 3,80 | 8,53 | 8,92  | 38,17 | 52,91 | 0,72             | 8,00 | 2,88  | 2,88 | 2,76 | W. F. Hillebrand |
| 16,10 | 5,21 | 6,27 | 14,25 | 48,14 | 37,61 | 1,19             | 4,55 | 0,66  | 2,63 | 1,46 | "                |
| 18,36 | 4,98 | 7,10 | 10,90 | 47,48 | 41,62 | 0,93             | 3,92 | 0,73  | 0,92 | 2,26 | "                |
| 12,72 | 5,25 | 5,58 | 17,91 | 47,39 | 34,70 | 1,44             | 6,30 | 1,77  | 2,61 | 1,60 | "                |
| 3,86  | 3,62 | 8,07 | 6,79  | 40,47 | 52,74 | 0,52             | 9,50 | 3,04  | 4,13 | 1,56 | "                |
| 4,78  | 4,39 | 7,54 | 6,50  | 47,30 | 46,20 | 0,53             | 8,19 | 2,79  | 2,19 | 3,60 | R. B. Riggs      |
| 24,24 | 5,24 | 5,30 | 16,98 | 49,43 | 33,59 | 1,34             | 3,56 | 0,61  | 1,48 | 1,34 | W. C. Wheeler    |
| 11,70 | 3,72 | 7,97 | 9,34  | 38,91 | 51,75 | 0,72             | 7,45 | 1,50  | 3,79 | 1,18 | "                |
| 25,81 | 5,72 | 4,74 | 13,19 | 41,49 | 45,32 | 1,38             | 2,96 | 0,65  | 1,06 | 1,02 | J. S. Shepherd   |
| 19,22 | 5,89 | 5,01 | 14,32 | 39,72 | 45,96 | 1,56             | 4,27 | 0,83  | 1,12 | 1,18 | M. Arousseau     |
| 11,38 | 6,68 | 4,11 | 13,07 | 48,84 | 38,09 | 1,41             | 4,75 | 1,86  | 2,25 | 1,02 | "                |

J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 148, 1897, S. 195. — 4. Hague und Iddings, Am. A. L. Day und E. T. Allen. Carnegie-Inst. Washington 1925.



## Sierra Nevada und Cascade Range VI: Lassen Peak, Mt. Shasta.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 18  | 19    | 20      | 21    | 22       | 23    | 24    | 25       | 26                                | 27  | 28                  | 29                                | 30                   |
|--|---|-------|---------|-------|----------|-------|-------|----------|-----------------------------------|---|---------------------|-----------------------------------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 56,51   | 57,59 | 50,89   | 47,93 | 51,92    | 74,32 | 71,48 | 68,10    | 74,60                             | 63,81   | 57,11               | 68,10                             | 66,30                |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,48  | —     | 0,79    | 0,73  | —        | 0,22  | 0,32  | 0,35     | 0,16                              | 0,38  | 0,95                | 0,15                              | Sp.                  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,14  | —     | 0,09    | 0,11  | —        | —     | 0,05  | 0,18     | 0,03                              | 0,10  | 0,26                | 0,03                              | 0,15                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 18,10   | 16,49 | 16,76   | 18,51 | 19,76    | 12,08 | 13,24 | 15,18    | 13,41                             | 17,07   | 17,78               | 15,50                             | 17,55                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 4,26  | 1,22  | 3,86    | 2,07  | 11,21    | 0,54  | 0,94  | 1,34     | 1,28                              | 2,11  | 3,54                | 3,20                              | 2,19                 |
| FeO . . . . .                            | 2,68  | 4,89  | 4,69    | 7,25  | n. best. | 1,51  | 3,30  | 1,70     | 0,30                              | 2,15  | 2,74                | —                                 | 0,55                 |
| MnO . . . . .                            | 0,11  | —     | 0,13    | 0,20  | —        | —     | 0,06  | 0,20     | 0,06                              | 0,09  | 0,33                | Sp.                               | Sp.                  |
| MgO . . . . .                            | 4,52  | 7,72  | 8,49    | 9,03  | 3,38     | 0,03  | 1,42  | 2,06     | 0,26                              | 2,28  | 3,41                | 0,10                              | 0,97                 |
| CaO . . . . .                            | 8,15  | 7,40  | 11,72   | 11,14 | 9,30     | 4,17  | 3,75  | 4,66     | 1,08                              | 4,97  | 7,21                | 3,02                              | 3,12                 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,23  | 3,62  | 2,61    | 2,28  | 2,16     | 4,15  | 3,84  | 3,71     | 3,38                              | 4,08  | 3,81                | 4,20                              | 5,15                 |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,15  | 0,99  | 0,32    | 0,24  | 0,60     | 0,32  | 0,44  | 1,48     | 4,50                              | 1,96  | 1,86                | 3,13                              | 2,45                 |
| Sonstige Bestandteile                    | BaO 0,04<br>SrO 0,04<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | —     | BaO Sp. | —     | —        | —     | —     | BaO 0,06 | BaO 0,11<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,04<br>SrO 0,03<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,03<br>SrO Sp. | BaO 0,06<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | SO <sub>3</sub> 0,28 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,69  | 0,86  | 0,41    | 0,76  | 1,54     | 2,31  | 1,51  | 0,55     | 0,85                              | 1,03  | 0,98                | 2,72                              | 1,25                 |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —   | —     | —       | —     | —        | 0,20  | 0,22  | —        | —                                 | —   | —                   | —                                 | —                    |

Sa. . . . .  
Spez. Gew. . .

|        |        |        |        |       |       |        |       |        |        |        |        |       |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 100,10 | 100,78 | 100,76 | 100,25 | 99,87 | 99,85 | 100,57 | 99,57 | 100,02 | 100,10 | 100,01 | 100,21 | 99,96 |
| —      | —      | —      | —      | —     | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    | 29    | 30    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 62,18 | 60,38 | 53,70 | 50,83 | 61,22 | 80,98 | 76,94 | 73,76 | 81,83 | 70,74 | 63,51 | 77,42 | 74,26 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,40  | —     | 0,62  | 0,57  | —     | 0,20  | 0,26  | 0,26  | 0,13  | 0,33  | 0,80  | 0,14  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,06  | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     | 0,06  | —     | 0,07  | 0,13  | —     | 0,06  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,68 | 10,13 | 10,39 | 11,51 | 13,66 | 7,71  | 8,40  | 9,68  | 8,62  | 11,10 | 11,61 | 10,37 | 11,56 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,78  | 0,43  | 1,52  | 0,83  | —     | 0,20  | 0,39  | 0,52  | 0,53  | 0,86  | 1,47  | 1,36  | 0,94  |
| FeO . . . . .                            | 2,51  | 4,28  | 4,12  | 6,42  | 9,90  | 1,37  | 2,97  | 1,56  | 0,26  | 1,99  | 2,54  | —     | 0,54  |
| MnO . . . . .                            | 0,13  | —     | 0,13  | 0,19  | —     | —     | 0,06  | 0,19  | 0,07  | 0,07  | 0,33  | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 7,46  | 12,14 | 13,43 | 14,38 | 0,57  | 0,06  | 2,32  | 3,38  | 0,46  | 3,13  | 5,67  | 0,20  | 1,61  |
| CaO . . . . .                            | 9,57  | 8,30  | 13,24 | 12,66 | 11,75 | 4,90  | 4,33  | 5,72  | 1,32  | 5,92  | 8,54  | 3,62  | 3,70  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,37  | 3,65  | 2,66  | 2,35  | 2,48  | 4,38  | 4,01  | 3,83  | 3,62  | 4,39  | 4,07  | 4,64  | 5,58  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,86  | 0,69  | 0,19  | 0,19  | 0,42  | 0,30  | 0,32  | 1,04  | 3,16  | 1,40  | 1,33  | 2,25  | 1,75  |



| N  | Gestein                        | Ort                                   | Lagerung           | L     | M     | Q     | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker                |
|----|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|---------------------------|
| 18 | Quarz-<br>basalt               | Lassen Peak, Nordbasis                |                    | 63,64 | 24,44 | 11,92 | 4,23 | 7,45  | 10,80 | 42,34 | 46,86 | 0,86             | 7,46  | 2,12  | 0,86 | 3,56 | W. F. Hillebrand          |
| 19 | Quarz-<br>basalt               | Silver Lake, Lassen Peak              |                    | 57,88 | 37,86 | 4,26  | 4,34 | 5,79  | 9,53  | 50,41 | 40,06 | 0,69             | 12,14 | 2,51  | 3,85 | 0,86 | "                         |
| 20 | Basalt                         | Inskipkrater Gipfel<br>am Lassen Peak |                    | 52,96 | 46,76 | 0,28  | 2,85 | 7,54  | 2,87  | 40,18 | 56,95 | 0,19             | 13,43 | 5,70  | 2,73 | 3,04 | Hillebrand und<br>Chatard |
| 21 | Basalt                         | Paines Creek am<br>Lassen Peak        |                    | 56,20 | 49,36 | —     | 5,56 | 2,54  | 8,97  | 2,70  | 33,43 | 63,87            | 0,19  | 14,38 | 3,87 | 5,78 | F. M. Chatard             |
| 22 | Basalt                         | Pit River, Lassen Peak                | Rezenter<br>Basalt | 66,24 | 22,92 | 10,84 | 2,90 | 10,76 | 5,07  | 29,95 | 64,98 | 0,42             | 0,57  | 0,99  | —    | 9,90 | F. W. Clarke              |
| 23 | Granit                         | Little Backbone Mts.<br>Shasta Co.    |                    | 49,16 | 6,40  | 44,44 | 4,58 | 3,13  | 3,25  | 71,22 | 25,53 | 0,20             | 0,06  | 1,77  | 0,17 | 0,40 | R. C. Wells               |
| 24 | Monzonit<br>(Quarz-<br>diorit) | Spring Creek, Shasta Co.              |                    | 50,92 | 11,22 | 37,86 | 4,33 | 4,07  | 5,02  | 62,95 | 32,03 | 0,32             | 2,32  | 0,26  | 2,64 | 0,78 | G. Steiger                |
| 25 | Diorit                         | Ono, Shasta Co.                       |                    | 58,20 | 12,08 | 29,72 | 4,87 | 4,81  | 14,29 | 52,61 | 33,10 | 1,04             | 3,38  | 0,91  | 1,23 | 1,04 | T. M. Chatard             |
| 26 | Rhyolith                       | Clipper Mills, Shasta Co.             |                    | 60,04 | 1,85  | 38,11 | 6,78 | 1,32  | 42,47 | 48,66 | 8,87  | 3,16             | 0,46  | —     | 0,52 | —    | F. W. Hillebrand          |
| 27 | Dazit                          | Mill Creek, Shasta Co.                |                    | 67,56 | 11,60 | 20,84 | 5,79 | 5,31  | 16,57 | 51,95 | 31,48 | 1,40             | 3,13  | 0,61  | 1,20 | 1,72 | "                         |
| 28 | Hyper-<br>sthen-<br>andesit    | Mill Creek, Shasta Co.                | Alter<br>Krater    | 68,04 | 21,74 | 10,22 | 5,40 | 6,21  | 15,63 | 47,83 | 36,54 | 1,33             | 5,67  | 2,33  | 1,40 | 2,94 | T. M. Chatard             |
| 29 | Dazit                          | Bear Creek Falls, "                   |                    | 69,04 | 2,04  | 28,92 | 6,89 | 3,48  | 26,07 | 53,77 | 20,16 | 2,25             | 0,20  | 0,14  | —    | 1,36 | R. B. Riggs               |
| 30 | Dazit-<br>porphyr              | Clear Creek, Shasta Co.               |                    | 73,97 | 4,70  | 21,33 | 7,33 | 3,70  | 19,06 | 60,79 | 20,15 | 1,75             | 1,61  | —     | 0,53 | —    | J. E. Whitefield          |

Literatur: 1—3. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 79, 1891 S. 29, — 4—6. Ebenda 148, 1897, S. 200. —  
 7, 8. B. S. Butler, U. S. Geol. Surv. Bull. 419, 1910, S. 137. — 9, 14. J. S. Diller, U. S. Geol.  
 Surv. Bull., 1897, S. 191. — 10. Ebenda S. 192. — 11. Ebenda S. 194. — 12. Ebenda S. 196. —  
 13. Ebenda 1898, 150, S. 215.



## Sierra Nevada und Cascade Range VII: Cinder Cone, Kalifornien.

## A. Gewichtsprozent.

|  | 1      | 2      | 3                                | 4   | 5                   | 6   | 7     |
|--|--------|--------|----------------------------------|---|---------------------|---|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 56,18  | 55,93  | 56,53                            | 56,70   | 57,25               | 54,56   | 79,49 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —      | 0,54                             | 0,65  | 0,60                | 0,53  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —      | —      | 0,15                             | 0,20  | 0,20                | 0,18  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 16,59  | 17,34  | 17,60                            | 15,75   | 16,45               | 16,04   | 11,60 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,51   | 1,50   | 1,35                             | 1,29  | 1,67                | 0,95  | 0,33  |
| FeO . . . . .                            | 5,51   | 5,20   | 5,03                             | 5,32  | 4,72                | 6,07  | 0,49  |
| MnO . . . . .                            | —      | —      | 0,12                             | 0,19  | 0,10                | 0,17  | —     |
| MgO . . . . .                            | 7,26   | 7,29   | 5,94                             | 7,16  | 6,74                | 8,71  | 0,09  |
| CaO . . . . .                            | 7,64   | 8,04   | 8,07                             | 7,67  | 7,65                | 8,89  | 1,64  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,58   | 3,32   | 3,51                             | 3,36  | 3,00                | 3,05  | 4,04  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,47   | 1,35   | 1,55                             | 1,56  | 1,57                | 1,18  | 1,52  |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —      | —      | BaO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O } | BaO 0,03<br>SrO<br>Li <sub>2</sub> O } Sp<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } | SrO Sp.<br>BaO 0,03 | BaO 0,03<br>SrO<br>Li <sub>2</sub> O } Sp<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,42   | 0,26   | 0,27                             | 0,30  | 0,40                | 0,28  | 0,68  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —                                | —   | —                   | —   | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,16 | 100,23 | 100,56                           | 100,18  | 100,38              | 100,64  | 99,88 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —      | —      | —                                | —   | —                   | —   | —     |

## B. Molekularprozent.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 59,43 | 59,14 | 60,09 | 59,81 | 60,76 | 56,60 | 84,61 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | 0,44  | 0,51  | 0,51  | 0,43  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | 0,07  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,29 | 10,79 | 10,91 | 9,75  | 10,25 | 9,78  | 7,28  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,57  | 0,57  | 0,57  | 0,51  | 0,64  | 0,37  | 0,13  |
| FeO . . . . .                            | 4,83  | 4,57  | 4,46  | 4,68  | 4,14  | 5,29  | 0,45  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | 0,13  | 0,19  | 0,07  | 0,13  | —     |
| MgO . . . . .                            | 11,56 | 11,55 | 9,50  | 11,33 | 10,76 | 13,57 | 0,13  |
| CaO . . . . .                            | 8,63  | 9,07  | 9,18  | 8,67  | 8,66  | 9,90  | 1,85  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,68  | 3,36  | 3,57  | 3,42  | 3,06  | 3,05  | 4,53  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,01  | 0,95  | 1,08  | 1,07  | 1,08  | 0,81  | 1,02  |



| N <sup>o</sup> | Gestein             | Ort                          | Lagerung                    | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|----------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|------|------|------|------------------|
| 1              | Quarz-<br>basalt    | Westende des Lake<br>Bidwell | Lava                        | 59,92 | 38,84 | 1,24  | 4,69 | 5,60 | 13,48 | 49,14 | 37,38 | 1,01             | 11,56 | 3,03 | 4,26 | 1,14 | W. F. Hillebrand |
| 2              | Quarz-<br>basalt    | 0,8 km NO Cinder Cone        | Vulk.<br>Sand               | 60,40 | 37,42 | 2,18  | 4,31 | 6,48 | 12,58 | 44,50 | 42,92 | 0,95             | 11,55 | 2,59 | 4,00 | 1,14 | "                |
| 3              | Quarz-<br>basalt    | Cinder Cone                  | Lapilli                     | 62,24 | 34,02 | 3,74  | 4,65 | 6,26 | 13,88 | 45,89 | 40,23 | 1,08             | 9,50  | 2,92 | 4,02 | 1,14 | "                |
| 4              | Quarz-<br>basalt    | Cinder Cone                  | Bombe                       | 56,96 | 39,22 | 3,82  | 4,49 | 5,26 | 15,03 | 48,03 | 36,94 | 1,07             | 11,33 | 3,41 | 4,36 | 1,02 | "                |
| 5              | Quarz-<br>basalt    | Am Cinder Cone               |                             | 57,56 | 35,04 | 7,40  | 4,14 | 6,11 | 15,00 | 42,50 | 42,50 | 1,08             | 10,76 | 2,55 | 3,57 | 1,28 | "                |
| 6              | Quarz-<br>basalt    | 0,5 km S vom Cinder<br>Cone  | Lava                        | 54,56 | 45,94 | -0,50 | 3,86 | 5,92 | 11,88 | 44,72 | 43,40 | 0,81             | 13,57 | 3,98 | 5,05 | 0,74 | "                |
| 7              | Weißer<br>Bimsstein | Basis des Cinder Cone        | Einschluß<br>in der<br>Lava | 51,32 | 1,40  | 47,28 | 5,55 | 1,73 | 15,89 | 70,56 | 13,55 | 1,02             | 0,13  | 0,12 | 0,32 | 0,26 | Chatard          |

Literatur: 1—7. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 79, 1891, S. 29.



Sierra Nevada und Cascade Range VIII: Mt. Shasta.  
A. Gewichtsprozent.

|  | 1                               | 2   | 3   | 4   | 5     | 6   | 7       | 8     | 9  | 10     | 11                    | 12     | 13    |
|--|---------------------------------|---|---|---|-------|---|---------|-------|--|--------|-----------------------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 64,24                           | 60,04   | 62,44   | 52,63   | 64,48 | 61,58   | 62,00   | 64,52 | 68,12  | 55,08  | 47,94                 | 44,77  | 63,03 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,76                            | 0,49  | 0,31  | 0,47  | —     | 0,49  | 0,17    | —     | 0,25   | Sp     | 0,57                  | 0,53   | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,08                            | 0,04  | 0,05  | 0,07  | —     | 0,22  | 0,29    | —     | 0,14   | —      | 0,15                  | 0,72   | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 18,67                           | 17,43   | 16,39   | 17,62   | 19,28 | 16,96   | 17,84   | 18,31 | 16,24  | 18,93  | 18,90                 | 17,82  | 17,72 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,40                            | 5,39  | 4,66  | 6,49  | 1,40  | 1,75  | n.best. | 0,90  | 1,26   | 2,02   | 2,21                  | 5,05   | 2,27  |
| FeO . . . . .                            | 1,96                            | 0,53  | 1,00  | 3,10  | 1,78  | 2,85  | 4,40    | 2,51  | 2,08   | 5,56   | 8,59                  | 6,95   | 1,92  |
| MnO . . . . .                            | Sp.                             | 0,01  | Sp.   | Sp.   | —     | Sp.   | Sp.     | —     | 0,10   | —      | Sp.                   | Sp.    | —     |
| MgO . . . . .                            | 1,48                            | 3,51  | 2,65  | 5,64  | 1,64  | 3,67  | 2,64    | 2,35  | 1,35   | 5,17   | 8,21                  | 8,22   | 3,63  |
| CaO . . . . .                            | 4,11                            | 6,65  | 6,22  | 8,62  | 5,06  | 6,28  | 5,37    | 5,11  | 3,80   | 8,40   | 9,86                  | 10,36  | 5,97  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,14                            | 4,15  | 3,16  | 3,38  | 4,41  | 3,94  | 4,29    | 4,64  | 3,89   | 4,23   | 2,81                  | 2,13   | 3,92  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,71                            | 1,24  | 2,25  | 1,73  | 1,12  | 1,28  | 1,47    | 1,25  | 2,54   | 0,74   | 0,29                  | 0,92   | 1,06  |
| Sonstige Bestandteile                    | SO <sub>3</sub> 0,22<br>Cl 0,25 | BaO 0,04<br>Li <sub>2</sub> O } Sp<br>SO <sub>3</sub> } | BaO 0,03<br>SrO } Sp<br>Li <sub>2</sub> O } Sp<br>SO <sub>3</sub> } | BaO 0,04<br>SrO } Sp<br>Li <sub>2</sub> O } Sp<br>SO <sub>3</sub> } | —     | BaO 0,03<br>SrO } Sp<br>Li <sub>2</sub> O } Sp<br>SO <sub>3</sub> } | —       | —     | BaO 0,09<br>SrO 0,02<br>Li <sub>2</sub> O Sp | —      | Li <sub>2</sub> O Sp. | —      | —     |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,18                            | 0,90  | 1,02  | —   | 0,06  | 1,06  | 1,66    | 0,20  | 0,40   | 0,29   | 0,74                  | 2,64   | 0,44  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —                               | —   | —   | —   | —     | 0,24  | —       | —     | —  | —      | 0,39                  | —      | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,20                          | 100,42  | 100,18  | 100,58  | 99,23 | 100,35  | 100,13  | 99,79 | 100,28                                       | 100,42 | 100,66                | 100,11 | 99,96 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —                               | —   | —   | —   | —     | —   | —       | —     | —  | —      | —                     | —      | —     |

B. Molekularprozent.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 71,64 | 66,38 | 69,45 | 58,12 | 71,10 | 66,97 | 67,43 | 70,08 | 74,23 | 59,30 | 51,38 | 49,87 | 68,34 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,61  | 0,40  | 0,27  | 0,40  | —     | 0,39  | 0,20  | —     | 0,20  | —     | 0,46  | 0,40  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | 0,07  | —     | 0,13  | 0,13  | —     | 0,07  | —     | 0,06  | 0,33  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,24 | 11,34 | 10,67 | 11,46 | 12,50 | 10,84 | 11,42 | 11,67 | 10,39 | 11,95 | 11,90 | 11,70 | 11,31 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,61  | 2,25  | 1,94  | 2,72  | 0,60  | 0,72  | 1,42  | 0,39  | 0,52  | 0,85  | 0,90  | 2,14  | 0,91  |
| FeO . . . . .                            | 1,87  | 0,46  | 0,93  | 2,85  | 1,65  | 2,61  | 3,98  | 2,28  | 1,96  | 4,97  | 7,72  | 6,48  | 1,68  |
| MnO . . . . .                            | —     | 0,07  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 2,47  | 5,84  | 4,40  | 9,34  | 2,71  | 6,01  | 4,31  | 3,85  | 2,22  | 8,83  | 13,18 | 13,77 | 5,92  |
| CaO . . . . .                            | 4,88  | 7,89  | 7,34  | 10,14 | 5,95  | 7,31  | 6,27  | 5,93  | 4,45  | 9,69  | 11,32 | 12,37 | 6,96  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,48  | 4,44  | 3,40  | 3,64  | 4,70  | 4,11  | 4,50  | 4,89  | 4,12  | 4,39  | 2,89  | 2,27  | 4,10  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,90  | 0,93  | 1,60  | 1,26  | 0,79  | 0,91  | 1,76  | 0,91  | 1,77  | 0,52  | 0,19  | 0,67  | 0,78  |



| N <sup>o</sup> | Gestein                | Ort                                     | Lagerung          | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|----------------|------------------------|---|-------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------------|
| 1              | Dazitporphyr           | Clear Creek                             |                   | 66,64 | 8,68  | 24,68 | 5,68 | 4,88 | 14,78 | 55,17 | 30,05 | 1,20             | 2,47  | —1,70 | 1,26 | 1,22 | J. E. Whitefield |
| 2              | Andesit                | Burney Creek<br>Shasta Co.              |                   | 66,84 | 18,37 | 14,79 | 5,37 | 5,97 | 11,14 | 53,17 | 35,69 | 0,93             | 5,84  | 1,92  | —    | 2,78 | R. B. Riggs      |
| 3              | Andesit                | Burney Butte,<br>S-Basis, Shasta Co.    |                   | 62,68 | 15,01 | 22,31 | 5,00 | 5,67 | 20,41 | 43,37 | 36,22 | 1,60             | 4,40  | 1,67  | —    | 2,87 | R. B. Riggs      |
| 4              | Basalt                 | Burney Butte,<br>Shasta Co.             |                   | 65,44 | 31,54 | 3,02  | 4,90 | 6,56 | 15,40 | 44,50 | 40,10 | 1,26             | 9,34  | 3,58  | 0,13 | 5,44 | R. B. Riggs      |
| 5              | Hornblende-<br>andesit | Blacke Butte,<br>Mt. Shasta             |                   | 68,78 | 8,72  | 22,50 | 5,49 | 5,95 | 9,33  | 55,49 | 35,18 | 0,79             | 2,71  | —1,06 | 1,05 | 1,20 | W. H. Melville   |
| 6              | Andesit                | Mt. Shasta, Ostseite                    | Jüngerer<br>Strom | 63,44 | 20,22 | 16,34 | 5,02 | 5,82 | 11,48 | 51,83 | 36,69 | 0,91             | 6,01  | 0,19  | 1,89 | 1,44 | H. N. Stokes     |
| 7              | Andesit                | Mt. Shasta                              |                   | 70,72 | 18,80 | 10,48 | 6,26 | 5,16 | 19,91 | 50,91 | 29,18 | 1,76             | 4,31  | 1,11  | 3,98 | —    | P. W. Shimer     |
| 8              | Hypersthen-<br>andesit | Westbasis Mt. Shasta                    | Älterer<br>Strom  | 69,88 | 12,38 | 17,74 | 5,80 | 5,87 | 10,41 | 55,95 | 33,64 | 0,91             | 3,85  | 0,06  | 1,89 | 0,78 | W. H. Melville   |
| 9              | Hypersthen-<br>andesit | Crater Peak, West-<br>gipfel Shasta Co. |                   | 64,97 | 8,50  | 26,53 | 5,89 | 4,45 | 21,80 | 50,74 | 27,46 | 1,77             | 2,22  | —0,05 | 1,51 | 1,04 | F. W. Hillebrand |
| 10             | Andesitbasalt          | Delta Shasta Co.                        |                   | 67,44 | 31,90 | 0,66  | 4,91 | 7,04 | 6,17  | 52,08 | 41,75 | 0,52             | 8,33  | 2,65  | 4,12 | 1,70 | H. H. Melville   |
| 11             | Basalt                 | Mc. Cloud River,<br>S v. Mt. Shasta     |                   | 59,92 | 46,80 | —6,72 | 3,08 | 8,82 | 2,54  | 38,58 | 58,88 | 0,19             | 13,18 | 2,50  | 6,82 | 1,80 | H. N. Stokes     |
| 12             | Hornblende-<br>basalt  | Kosk Creek,<br>Shasta Co.               |                   | 58,56 | 47,72 | —6,28 | 2,94 | 8,76 | 9,15  | 31,01 | 59,84 | 0,67             | 13,77 | 3,61  | 4,34 | 4,28 | L. G. Eakins     |
| 13             | Andesit                | Mt. Shasta,<br>Westbasis                |                   | 64,76 | 16,26 | 18,98 | 4,88 | 6,43 | 9,63  | 50,62 | 39,75 | 0,78             | 5,92  | 0,53  | 0,77 | 1,82 | W. H. Melville   |

Literatur: 1. J. P. Iddings, U. S. Geol. Surv. Bull. 150, 1898, S. 236. — 2. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 148, 1897, S. 195. — 4. Ebenda S. 200. — 5. J. P. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 150, 1898, S. 223. — 6. 11, 12. Ebenda S. 190. — 7. Hague und Iddings, Am. Journ. 26, 1883, S. 230. — 8. 9. Ebenda S. 228. — 10. H. W. Turner, U. S. Geol. Surv. Ann. Repr. 17, 1896, I, S. 731. — 13. J. S. Diller, Amer. Geologist. 19, 1897, S. 255.



## Sierra Nevada und Cascade Range IX: Crater-Lake-Gebiet, Oregon.

| A. Gewichtsprozent                    |                                |                                  |                      |                    |                                  |                      |                              |                               |                      |                               |                               |                               |                    |   |                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|---|--------------------------------|
| 1                                     | 2                              | 3                                | 4                    | 5                  | 6                                | 7                    | 8                            | 9                             | 10                   | 11                            | 12                            | 13                            | 14                 | 15  |                                |
| SiO <sub>2</sub> ..                   | 71,87                          | 70,77                            | 58,48                | 56,85              | 70,10                            | 68,17                | 67,41                        | 60,09                         | 57,47                | 59,39                         | 62,09                         | 60,98                         | 58,65              | 52,99                                     | 56,95                          |
| TiO <sub>2</sub> ..                   | 0,41                           | 0,38                             | 0,69                 | 1,08               | 0,48                             | 0,54                 | 0,56                         | 0,54                          | 0,75                 | 0,41                          | 0,65                          | 0,71                          | 0,81               | 1,18                                      | 0,79                           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..      | 0,10                           | 0,13                             | 0,24                 | 0,22               | 0,13                             | 0,13                 | 0,12                         | 0,23                          | 0,24                 | 0,22                          | 0,19                          | 0,17                          | 0,17               | 0,42                                      | 0,19                           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..     | 14,53                          | 14,83                            | 17,85                | 18,31              | 15,18                            | 15,60                | 15,76                        | 17,85                         | 18,86                | 18,45                         | 17,03                         | 17,82                         | 18,35              | 16,71                                     | 18,84                          |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..     | 1,28                           | 1,35                             | 2,67                 | 2,88               | 1,78                             | 2,31                 | 1,88                         | 2,03                          | 2,21                 | 1,79                          | 2,38                          | 1,83                          | 1,59               | 3,80                                      | 2,06                           |
| FeO ..                                | 1,02                           | 1,25                             | 3,29                 | 3,15               | 1,09                             | 0,94                 | 1,76                         | 3,45                          | 4,08                 | 3,90                          | 2,69                          | 3,33                          | 4,21               | 3,55                                      | 4,28                           |
| MnO ..                                | Sp                             | Sp                               | Sp                   | Sp                 | Sp                               | Sp                   | Sp                           | Sp                            | 0,10                 | Sp                            | Sp                            | Sp                            | Sp                 | Sp  | Sp                             |
| MgO ..                                | 0,48                           | 0,64                             | 3,61                 | 3,92               | 0,74                             | 1,02                 | 1,35                         | 3,50                          | 4,27                 | 3,13                          | 3,08                          | 2,76                          | 3,49               | 6,95                                      | 4,37                           |
| CaO ..                                | 1,59                           | 2,12                             | 6,81                 | 7,20               | 2,27                             | 2,76                 | 3,36                         | 6,28                          | 7,42                 | 6,29                          | 5,65                          | 5,73                          | 6,95               | 8,49                                      | 7,45                           |
| Na <sub>2</sub> O ..                  | 5,08                           | 5,07                             | 3,77                 | 3,89               | 5,15                             | 5,15                 | 4,54                         | 4,17                          | 3,85                 | 4,29                          | 4,10                          | 4,26                          | 3,70               | 3,56                                      | 3,89                           |
| K <sub>2</sub> O ..                   | 2,84                           | 2,68                             | 1,23                 | 1,23               | 2,58                             | 2,46                 | 2,36                         | 1,31                          | 0,73                 | 1,29                          | 1,67                          | 1,43                          | 1,32               | 1,29                                      | 0,82                           |
| Sonstige Bestandteile                 | ZrO <sub>2</sub> 0,04<br>Cl Sp | ZrO <sub>2</sub> 0,05<br>Cl 0,11 | BaO 0,05<br>SrO 0,05 | BaO 0,05<br>SrO Sp | ZrO <sub>2</sub> 0,04<br>Cl 0,03 | BaO 0,06<br>SrO 0,08 | S 0,02<br>BaO 0,06<br>SrO Sp | NiO 0,05<br>BaO 0,05<br>Cl Sp | BaO 0,03<br>SrO 0,11 | BaO 0,05<br>SrO 0,04<br>Cl Sp | BaO 0,07<br>SrO 0,07<br>Cl Sp | BaO 0,06<br>SrO 0,05<br>Cl Sp | BaO 0,06<br>SrO Sp | BaO 0,07<br>SrO 0,12<br>NiO 0,02<br>Cl Sp | BaO 0,04<br>SrO 0,12<br>S } Sp |
| H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O — | 0,22<br>0,06                   | 0,33<br>0,07                     | 0,86<br>0,34         | 0,95<br>0,16       | 0,19<br>0,10                     | 0,45<br>0,09         | 0,54<br>0,09                 | 0,26<br>0,12                  | 0,22                 | 0,42<br>0,10                  | 0,13<br>0,04                  | 0,45<br>0,13                  | 0,70<br>0,20       | 0,59<br>0,18                              | 0,31<br>0,19                   |
| Summa                                 | 99,63                          | 99,88                            | 99,94                | 99,88              | 99,97                            | 99,71                | 99,81                        | 99,98                         | 100,34               | 99,77                         | 99,84                         | 99,71                         | 100,20             | 99,92                                     | 100,18                         |
| B. Molekularprozent                   |                                |                                  |                      |                    |                                  |                      |                              |                               |                      |                               |                               |                               |                    |   |                                |
| 1                                     | 2                              | 3                                | 4                    | 5                  | 6                                | 7                    | 8                            | 9                             | 10                   | 11                            | 12                            | 13                            | 14                 | 15  |                                |
| SiO <sub>2</sub> ..                   | 78,76                          | 77,42                            | 64,59                | 62,86              | 76,84                            | 75,28                | 74,24                        | 65,45                         | 62,41                | 65,30                         | 67,82                         | 67,20                         | 64,26              | 57,52                                     | 61,95                          |
| TiO <sub>2</sub> ..                   | 0,33                           | 0,33                             | 0,60                 | 0,94               | 0,39                             | 0,46                 | 0,46                         | 0,52                          | 0,59                 | 0,33                          | 0,52                          | 0,60                          | 0,65               | 0,98                                      | 0,65                           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..      | 0,06                           | 0,07                             | 0,13                 | 0,13               | 0,07                             | 0,07                 | 0,07                         | 0,13                          | 0,13                 | 0,13                          | 0,07                          | 0,06                          | 0,06               | 0,20                                      | 0,06                           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..     | 9,34                           | 9,55                             | 11,60                | 11,87              | 9,80                             | 10,14                | 10,17                        | 11,43                         | 12,05                | 11,94                         | 10,94                         | 11,51                         | 11,83              | 10,68                                     | 12,08                          |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..     | 0,53                           | 0,59                             | 1,13                 | 1,19               | 0,72                             | 0,93                 | 0,73                         | 0,85                          | 0,91                 | 0,73                          | 0,98                          | 0,73                          | 0,66               | 1,56                                      | 0,85                           |
| FeO ..                                | 0,92                           | 1,18                             | 3,05                 | 2,92               | 0,99                             | 0,86                 | 1,65                         | 3,20                          | 3,71                 | 3,56                          | 2,49                          | 3,04                          | 3,81               | 3,26                                      | 3,92                           |
| MnO ..                                | —                              | —                                | —                    | —                  | —                                | —                    | —                            | —                             | 0,07                 | —                             | —                             | —                             | —                  | —   | —                              |
| MgO ..                                | 0,79                           | 1,05                             | 5,97                 | 6,50               | 1,25                             | 1,72                 | 2,25                         | 5,75                          | 6,97                 | 5,15                          | 5,05                          | 4,56                          | 5,72               | 11,34                                     | 7,11                           |
| CaO ..                                | 1,91                           | 2,50                             | 8,02                 | 8,55               | 2,70                             | 3,25                 | 3,96                         | 7,32                          | 8,60                 | 7,39                          | 6,62                          | 6,75                          | 8,15               | 9,84                                      | 8,68                           |
| Na <sub>2</sub> O ..                  | 5,39                           | 5,40                             | 4,05                 | 4,18               | 5,46                             | 5,50                 | 4,82                         | 4,44                          | 4,04                 | 4,45                          | 4,33                          | 4,56                          | 3,94               | 3,71                                      | 4,11                           |
| K <sub>2</sub> O ..                   | 1,97                           | 1,91                             | 0,86                 | 0,86               | 1,78                             | 1,79                 | 1,65                         | 0,91                          | 0,52                 | 0,92                          | 1,18                          | 0,99                          | 0,92               | 0,91                                      | 0,59                           |



| Nr. | Gestein                  | Ort   | Lagerung                 | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker          |
|-----|--------------------------|---|--------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|---------------------|
| 1   | Hypersthenandazit        | Llao Rock, Crater Lake                              | Gang } quartär           | 66,59 | 3,42  | 29,99 | 7,36 | 1,91 | 23,68 | 64,78 | 11,54 | 1,97             | 0,79  | -0,07 | 0,39 | 1,06 | H. N. Stokes        |
| 2   | "                        | " " " "   | "                        | 67,44 | 4,98  | 27,58 | 7,31 | 2,24 | 22,66 | 64,06 | 13,28 | 1,91             | 1,05  | 0,26  | 0,59 | 1,18 | "                   |
| 3   | Hypersthenandazit        | " " " "   | "                        | 66,04 | 20,70 | 13,26 | 4,91 | 6,69 | 10,41 | 49,03 | 40,56 | 0,86             | 5,97  | 1,33  | 1,92 | 2,26 | "                   |
| 4   | Basalt (dunkel)          | " " Gipfel  | Ausscheidung<br>im Dazit | 67,64 | 22,28 | 10,08 | 5,04 | 6,83 | 10,17 | 49,41 | 40,42 | 0,86             | 6,50  | 1,72  | 1,73 | 2,38 | "                   |
| 5   | Hypersthenandazit        | Cleetwood Cove, Crater Lake                         | quartär                  | 68,16 | 4,76  | 27,08 | 7,24 | 2,56 | 20,89 | 64,08 | 15,03 | 1,78             | 1,25  | 0,14  | 0,27 | 1,44 | "                   |
| 6   | "                        | Wine Glass Grotto Cove, Lake                        | "                        | 69,72 | 6,03  | 24,25 | 7,29 | 2,85 | 20,53 | 63,07 | 16,40 | 1,79             | 1,72  | 0,40  | —    | 1,79 | "                   |
| 7   | Heller Hypersthenandazit | Südstrand des Kraters<br>Crater Lake                | Ausscheidung<br>im Dazit | 66,56 | 8,32  | 25,12 | 6,47 | 3,70 | 19,83 | 57,93 | 22,24 | 1,65             | 2,25  | 0,26  | 0,92 | 1,46 | "                   |
| 8   | Hypersthenandazit        | Kraterstrand zwischen<br>Llao Rock und Glacier Rock | Gang                     | 67,12 | 20,38 | 12,50 | 5,35 | 6,08 | 10,85 | 52,92 | 36,23 | 0,91             | 5,75  | 1,24  | 2,35 | 1,70 | "                   |
| 9   | "                        | Am Crater Lake                                      | "                        | 66,44 | 23,72 | 9,84  | 4,56 | 7,49 | 6,26  | 48,62 | 45,12 | 0,52             | 6,97  | 1,11  | 2,87 | 1,82 | H. W.<br>Hillebrand |
| 10  | "                        | Insel Wizard, Crater Lake                           | Jüngster And.            | 69,64 | 19,26 | 11,10 | 5,47 | 6,47 | 10,56 | 52,24 | 37,20 | 0,92             | 5,15  | 0,94  | 2,83 | 1,46 | H. N. Stokes        |
| 11  | "                        | Palisades, Crater Lake                              | pliocän? älter als       | 65,80 | 17,46 | 16,74 | 5,51 | 5,43 | 14,34 | 52,61 | 33,05 | 1,18             | 5,05  | 1,19  | 1,51 | 1,96 | "                   |
| 12  | "                        | The Watchman, Crater Lake                           | die Dazite               | 68,24 | 16,78 | 14,98 | 5,55 | 5,96 | 11,61 | 53,46 | 34,93 | 0,99             | 4,56  | 0,79  | 2,31 | 1,46 | "                   |
| 13  | Hypersthenführ. Basalt   | Desert Cove, Crater Lake                            | älter oder gleich-       | 66,76 | 21,42 | 11,83 | 4,86 | 6,97 | 11,03 | 47,24 | 41,73 | 0,92             | 5,72  | 1,18  | 3,15 | 1,32 | "                   |
| 14  | "                        | Red Cone, Crater Lake                               | alttrag mit den          | 61,20 | 36,76 | 2,04  | 4,62 | 6,06 | 11,90 | 48,50 | 39,60 | 0,91             | 11,34 | 3,78  | 1,70 | 3,12 | "                   |
| 15  | "                        | Anna Creek, Crater Lake                             | Daziten                  | 67,12 | 24,66 | 8,22  | 4,70 | 7,38 | 7,03  | 48,99 | 43,98 | 0,59             | 7,11  | 1,30  | 3,07 | 1,70 | "                   |

Literatur: 1—15. H. B. Patton. U. S. Geol. Surv. Professional Papers 3, 1902, S. 94, S. 140, 161.  
9. J. S. Diller. U. S. Geol. Surv. Bull. 148, 1897, S. 231.



Sierra Nevada und Cascade Ranges X: Oregon und Washington.  
A. Gewichtsprocente.

|                                     | 1      | 2       | 3  | 4      | 5  | 6      | 7                              | 8  | 9      | 10                               | 11   | 12   | 13           | 14     | 15    |
|-------------------------------------|--------|---------|--|--------|--|--------|--------------------------------|--|--------|----------------------------------|--|--|--------------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .              | 55,89  | 55,68   | 70,65  | 50,01  | 57,87  | 58,25  | 57,06                          | 63,78  | 64,04  | 63,37                            | 54,50  | 53,35  | 60,49        | 63,28  | 61,62 |
| TiO <sub>2</sub> . . .              | —      | —       | 0,21   | 0,68   | 1,21   | 0,57   | 0,52                           | 0,44   | 0,69   | 0,69                             | 1,69   | 2,44   | 0,69         | —      | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . | —      | —       | 0,07   | 0,03   | 0,34   | 0,16   | 0,05                           | 0,11   | 0,16   | 0,17                             | 0,21   | 0,45   | 0,08         | —      | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 20,01  | 18,98   | 15,57  | 15,25  | 16,76  | 20,52  | 8,50                           | 16,39  | 15,58  | 15,90                            | 14,43  | 12,90  | 17,77        | 17,96  | 16,86 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 1,77   | n.best. | 0,57   | 2,72   | 2,21   | 0,68   | 1,11                           | 1,12   | 1,26   | 1,41                             | 2,17   | 2,64   | 1,98         | 1,18   | —     |
| FeO . . .                           | 4,72   | 8,73    | 1,26   | 5,35   | 4,60   | 3,88   | 5,40                           | 2,76   | 3,22   | 3,18                             | 8,80   | 11,28  | 3,29         | 3,16   | 6,61  |
| MnO . . .                           | 0,06   | —       | 0,06   | 0,12   | 0,04   | 0,10   | 0,13                           | 0,05   | Sp.    | Sp.                              | 0,10   | 0,25   | 0,09         | —      | —     |
| MgO . . .                           | 4,57   | 4,86    | 0,48   | 9,35   | 3,29   | 2,03   | 11,19                          | 3,27   | 3,23   | 3,33                             | 4,24   | 2,68   | 2,94         | 2,50   | 2,17  |
| CaO . . .                           | 8,12   | 7,99    | 3,28   | 10,44  | 6,23   | 7,88   | 12,04                          | 4,07   | 4,51   | 4,63                             | 8,01   | 6,96   | 6,20         | 5,34   | 6,57  |
| Na <sub>2</sub> O . . .             | 2,66   | 2,12    | 4,91   | 1,50   | 4,07   | 4,25   | 1,39                           | 3,84   | 4,01   | 4,05                             | 3,05   | 2,83   | 3,67         | 3,81   | 3,93  |
| K <sub>2</sub> O . . .              | 2,29   | 0,48    | 1,77   | 0,60   | 2,17   | 0,50   | 0,95                           | 2,03   | 2,22   | 2,10                             | 1,29   | 1,40   | 1,37         | 2,06   | 1,66  |
| Sonstige Bestandteile . . .         | —      | —       | CO <sub>2</sub> , SrO/Sp.<br>ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>S 0,07 | —      | ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>FeS <sub>2</sub> 0,23<br>BaO 0,02 | —      | BaO Sp.<br>SrO 0,08<br>S f Sp. | BaO 0,11<br>SrO } Sp.<br>Li <sub>2</sub> O } | —      | BaO 0,06<br>NiO } Sp.<br>S f Sp. | SO <sub>3</sub> 0,11<br>BaO 0,06<br>SrO 0,09 | FeS <sub>2</sub> 0,13<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,04<br>BaO 0,05<br>NiO SrO/Sp. | 1,76<br>0,91 | —      | —     |
| H <sub>2</sub> O + . .              | 0,19   | 0,60    | 0,86   | 1,35   | 0,91   | 1,10   | 1,25                           | 1,82   | 1,17   | 1,16                             | 1,09   | 1,76   | 1,13         | 0,02   | —     |
| H <sub>2</sub> O — . .              | —      | —       | 0,14   | 2,61   | 0,32   | 0,24   | 0,18                           | 0,22   | 0,19   | 0,18                             | 0,29   | 0,91   | 0,27         | —      | —     |
| Sa. . . . .                         | 100,28 | 99,39   | 99,97  | 100,01 | 100,29   | 100,17 | 99,77                          | 99,98  | 100,39 | 100,23                           | 100,13                                       | 100,07   | 100,03       | 100,31 | 99,42 |
| Spez. Gew.                          | —      | —       | —  | —      | —  | —      | —                              | —  | —      | —                                | —  | —  | —            | —      | —     |

B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 66,03 | 64,99 | 77,14 | 54,20 | 64,08 | 64,52 | 57,50 | 70,21 | 69,74 | 69,06 | 59,75 | 60,19 | 66,67 | 69,17 | 66,76 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | —     | 0,20  | 0,58  | 1,00  | 0,47  | 0,43  | 0,33  | 0,59  | 0,59  | 1,38  | 2,10  | 0,60  | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | —     | 0,13  | 0,06  | —     | 0,06  | 0,07  | 0,07  | 0,06  | 0,20  | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 13,87 | 12,96 | 10,02 | 9,76  | 10,89 | 13,26 | 5,05  | 10,63 | 10,00 | 10,20 | 9,28  | 8,53  | 11,57 | 11,58 | 10,78 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .   | 0,78  | —     | 0,26  | 1,11  | 0,93  | 0,27  | 0,42  | 0,46  | 0,52  | 0,59  | 0,92  | 1,08  | 0,86  | 0,49  | —     |
| FeO . . .                            | 4,60  | 8,47  | 1,18  | 4,88  | 4,25  | 3,59  | 4,53  | 2,58  | 2,88  | 2,88  | 8,03  | 10,63 | 3,04  | 2,90  | 6,01  |
| MnO . . .                            | 0,07  | —     | 0,07  | 0,13  | —     | 0,06  | 0,12  | —     | —     | —     | 0,06  | 0,27  | 0,07  | —     | —     |
| MgO . . .                            | 0,78  | 0,84  | 0,79  | 15,22 | 5,44  | 3,39  | 16,93 | 5,42  | 5,29  | 5,49  | 6,97  | 4,53  | 4,89  | 4,09  | 3,51  |
| CaO . . .                            | 10,26 | 10,01 | 3,86  | 12,17 | 7,37  | 9,37  | 13,06 | 4,82  | 5,23  | 5,43  | 9,41  | 8,40  | 7,34  | 6,28  | 7,65  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 1,91  | 2,38  | 5,17  | 1,56  | 4,38  | 4,58  | 1,39  | 4,10  | 4,18  | 4,25  | 3,22  | 3,05  | 3,97  | 4,05  | 4,14  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,70  | 0,35  | 1,31  | 0,39  | 1,53  | 0,33  | 0,60  | 1,39  | 1,50  | 1,44  | 0,92  | 1,02  | 0,99  | 1,44  | 1,15  |



| Nr. | Gestein             | Ort                              | Lagerung      | L     | M     | Q     | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker       |
|-----|---------------------|----------------------------------|---------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------------|
| 1   | Hypersthen-basalt   | Mt. Pitt, Oregon                 |               | 69,92 | 10,90 | 19,18 | 3,61 | 10,26 | 19,45 | 21,85 | 58,70 | 1,70             | 0,78  | 0,00  | 3,89 | 1,56 | R. W. Woodward   |
| 2   | Hypersthen-basalt   | Mt. Thielson, Oregon             |               | 62,10 | 18,62 | 19,28 | 2,73 | 10,01 | 4,52  | 30,75 | 64,73 | 0,35             | 0,84  | —0,22 | —    | 8,47 | F. W. Clarke     |
| 3   | Dazitporphyr        | Riddles Quadrangle, Oregon       |               | 66,00 | 4,72  | 29,28 | 6,48 | 3,54  | 15,88 | 62,67 | 21,45 | 1,31             | 0,79  | 0,32  | 0,99 | 0,52 | G. Steiger       |
| 4   | Augitandesit        | Umpqua River, Riddles Quadrangle |               | 46,84 | 49,18 | 3,98  | 1,95 | 7,81  | 6,66  | 26,62 | 66,72 | 0,39             | 15,22 | 4,36  | 3,90 | 2,22 | G. Steiger       |
| 5   | Granodiorit         | Riddles Quadrangle               |               | 67,20 | 24,16 | 8,64  | 5,91 | 4,98  | 18,21 | 52,14 | 29,65 | 1,53             | 5,44  | 2,39  | 3,32 | 1,86 | R. C. Wells      |
| 6   | Granodiorit         | Riddles Quadrangle               |               | 73,08 | 15,92 | 11,00 | 4,91 | 8,45  | 3,61  | 50,11 | 46,28 | 0,33             | 3,39  | 0,92  | 3,38 | 0,54 | G. Steiger       |
| 7   | Granodiorit         | Evans Creek, Riddles Quadrangle  |               | 28,04 | 63,22 | 8,74  | 1,99 | 3,03  | 17,09 | 39,60 | 43,31 | 0,60             | 16,93 | 10,03 | 4,23 | 0,84 | G. Steiger       |
| 8   | Granodiorit-porphyr | Mt. Stuart, Washington           |               | 63,52 | 16,00 | 20,48 | 5,49 | 4,82  | 17,60 | 51,90 | 30,50 | 1,39             | 5,42  | —0,32 | 2,12 | 0,92 | H. N. Stokes     |
| 9   | Granodiorit         | Mt. Stuart, Washington           |               | 62,72 | 18,16 | 19,12 | 5,68 | 4,32  | 19,13 | 53,32 | 27,55 | 1,50             | 5,29  | 0,91  | 2,36 | 1,04 | H. N. Stokes     |
| 10  | Granodiorit         | Am Cascade Creek, Kittitas Co.   |               | 63,56 | 18,58 | 17,86 | 5,69 | 4,51  | 18,11 | 53,46 | 28,43 | 1,44             | 5,49  | 0,92  | 2,29 | 1,18 | H. N. Stokes     |
| 11  | Basalt (Andesit)    | Clalum Ridge, Kittitas Co.       |               | 53,68 | 38,66 | 7,66  | 4,14 | 5,14  | 13,71 | 47,99 | 38,30 | 0,92             | 6,97  | 4,27  | 7,17 | 1,84 | G. Steiger       |
| 12  | Basalt (Andesit)    | Teanaway River, Kittitas Co.     |               | 50,40 | 38,74 | 10,86 | 4,07 | 4,46  | 16,19 | 48,41 | 35,40 | 1,02             | 4,53  | 3,94  | 9,82 | 2,16 | W. F. Hillebrand |
| 13  | Granodiorit         | Gold Creek, Snoqualmi Quadrangle | Mittel-miozän | 66,12 | 17,46 | 16,42 | 4,96 | 6,61  | 11,96 | 47,95 | 40,09 | 0,99             | 4,89  | 0,73  | 2,22 | 1,72 | G. Steiger       |
| 14  | Andesit             | Mt. Hood                         |               | 68,28 | 14,36 | 17,36 | 5,49 | 6,09  | 12,44 | 34,97 | 52,59 | 1,44             | 4,09  | 0,79  | 2,41 | 0,98 | W. Shimmer       |
| 15  | Andesit             | Mt. Rainier                      |               | 64,28 | 23,36 | 12,36 | 5,29 | 5,49  | 10,67 | 38,40 | 50,93 | 1,15             | 3,51  | 2,16  | —    | 6,01 | W. Shimmer       |

Literatur: I. A. B. Emmons, Bull. Calif. Ac. Sc. I, 1885, S. 234. — 2. J. S. Diller, Am. Journ. Sc. XXVIII, 1884, S. 257. — 3-4, 6, 7. G. F. Kay, U. S. Geol. Surv. Bull. 419, 1910, S. 167. — 5. Washington II. S. 451, Nr. 34. — 8, 13, G. O. Smith, U. S. Geol. Surv. 106, 1904, S. 6, 8. — 13. Smith und Chalkins, U. S. Geol. Surv. 139, 1906, S. 9. — 14-15. Am. Journ. Sc. 26, 1883, S. 225.



## Die columbischen Granodiorite I.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1        | 2                    | 3                    | 4               | 5                    | 6      | 7                    | 8     | 9     | 10       | 11       | 12    | 13              | 14       |
|--------------------------------------|----------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|--------|----------------------|-------|-------|----------|----------|-------|-----------------|----------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 66,55    | 71,24                | 71,41                | 60,36           | 56,90                | 50,60  | 44,34                | 70,91 | 71,21 | 66,55    | 68,43    | 63,30 | 54,06           | 47,76    |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,60     | 0,42                 | 0,34                 | 0,70            | 0,84                 | 0,34   | 0,44                 | 0,20  | 0,16  | 0,40     | 0,20     | 0,50  | 0,80            | 2,20     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,04     | 0,17                 | 0,13                 | 0,11            | 0,10                 | 0,07   | 0,08                 | 0,11  | 0,05  | 0,15     | 0,07     | 0,27  | 0,55            | 0,78     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 15,79    | 14,11                | 14,38                | 17,23           | 18,17                | 18,61  | 17,97                | 16,18 | 15,38 | 16,21    | 15,80    | 17,64 | 18,75           | 18,58    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,15     | 1,75                 | 1,33                 | 1,93            | 1,23                 | 1,51   | 1,54                 | 0,51  | 0,25  | 1,98     | 1,06     | 1,58  | 4,64            | 2,19     |
| FeO . . .                            | 3,08     | 1,23                 | 1,17                 | 3,74            | 5,88                 | 7,45   | 7,31                 | 1,09  | 1,47  | 1,80     | 1,85     | 3,08  | 3,10            | 9,39     |
| MnO . . .                            | 0,06     | Sp.                  | 0,04                 | 3,66            | 4,36                 | 6,05   | 5,24                 | 0,04  | 0,33  | 1,32     | 1,46     | 1,23  | 2,75            | 4,15     |
| MgO . . .                            | 2,14     | 1,07                 | 1,13                 | 6,07            | 6,51                 | 8,30   | 6,80                 | 2,92  | 1,37  | 3,86     | 4,08     | 5,03  | 7,35            | 9,39     |
| CaO . . .                            | 3,47     | 2,87                 | 2,51                 | 6,07            | 3,23                 | 3,80   | 1,10                 | 1,33  | 4,28  | 4,07     | 3,47     | 4,56  | 4,60            | 3,61     |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,39     | 2,37                 | 4,12                 | 3,58            | 3,23                 | 3,80   | 1,10                 | 5,53  | 4,85  | 2,84     | 2,51     | 1,16  | 3,00            | 0,47     |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,80     | 3,97                 | 2,97                 | 1,74            | 1,57                 | 0,80   | 3,65                 | BaO   | BaO   | BaO 0,03 | BaO 0,09 | BaO   | CO <sub>2</sub> | BaO 0,02 |
| Sonst. Bestandteile                  | BaO 0,03 | CO <sub>2</sub> 0,28 | CO <sub>2</sub> 0,12 | CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> 0,08 | Cl Sp. | CO <sub>2</sub> 6,65 | BaO   | BaO   | BaO 0,01 | SrO 0,02 | BaO   | CO <sub>2</sub> | BaO 0,03 |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | SrO 0,01 | BaO 0,09             | BaO 0,03             | 0,08            | SrO 0,18             | S 0,02 | S 0,04               | 0,10  | 0,09  | SrO 0,01 | SrO 0,02 | 0,05  | 0,11            | SrO 0,03 |
| H <sub>2</sub> O — . . .             | 0,40     | 0,59                 | 0,30                 | 0,55            | 0,77                 | 2,89   | 5,07                 | 0,12  | 0,43  | 0,24     | 0,53     | 0,51  | 0,41            | 0,53     |
|                                      | 0,05     | 0,11                 | 0,09                 | 0,06            | 0,12                 | 0,16   | 0,28                 | 0,13  | 0,02  | 0,01     | 0,05     | 0,14  | 0,10            | 0,12     |
| Sa. . . . .                          | 99,56    | 100,27               | 100,07               | 99,95           | 100,15               | 100,71 | 100,56               | 99,54 | 99,95 | 99,59    | 99,79    | 99,52 | 100,22          | 99,51    |
| Spez. Gew.                           | 2,678    | 2,651                | 2,653                | 2,757           | 2,793                | —      | —                    | 2,654 | 2,621 | 2,693    | 2,708    | 2,721 | 2,819           | 2,957    |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 72,29 | 78,09 | 77,73 | 65,79 | 62,16 | 55,72 | 60,13 | 78,59 | 78,30 | 73,35 | 74,77 | 70,24 | 61,08 | 53,24 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,52  | 0,33  | 0,26  | 0,60  | 0,72  | 0,28  | 0,41  | 0,20  | 0,13  | 0,33  | 0,20  | 0,40  | 0,68  | 1,87  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | 0,06  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | —     | 0,08  | 0,06  | —     | 0,07  | —     | 0,12  | 0,26  | 0,34  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 10,10 | 9,08  | 9,21  | 11,05 | 11,67 | 12,03 | 14,32 | 10,57 | 9,96  | 10,52 | 10,16 | 11,52 | 12,34 | 12,17 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,07  | 0,72  | 0,52  | 0,78  | 0,52  | 0,59  | 1,30  | 0,20  | 0,13  | 0,86  | 0,46  | 0,67  | 1,97  | 0,94  |
| FeO . . .                            | 2,80  | 1,12  | 1,05  | 3,40  | 5,38  | 6,87  | 8,22  | 1,00  | 1,32  | 1,65  | 1,70  | 2,86  | 2,92  | 8,76  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | 0,13  | 0,20  | 0,13  | 0,08  | —     | —     | 0,13  | 0,07  | 0,47  | —     | 0,27  |
| MgO . . .                            | 3,52  | 1,78  | 1,83  | 6,02  | 7,15  | 9,98  | 1,06  | 0,60  | 0,53  | 2,18  | 2,42  | 2,06  | 4,68  | 6,96  |
| CaO . . .                            | 4,11  | 3,42  | 2,94  | 7,13  | 7,61  | 9,78  | 9,85  | 3,46  | 1,65  | 4,56  | 4,78  | 5,93  | 8,88  | 11,24 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,63  | 2,57  | 4,31  | 3,79  | 3,41  | 4,03  | 1,46  | 1,40  | 4,55  | 4,37  | 3,67  | 4,93  | 5,02  | 3,88  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,96  | 2,83  | 2,09  | 1,24  | 1,11  | 0,59  | 3,09  | 3,92  | 3,43  | 1,98  | 1,77  | 0,80  | 2,17  | 0,38  |



| Nr. | Gestein           | Ort                                   | Lage-<br>rung | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker   |
|-----|-------------------|---------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|------|------|--------------|
| 1   | Grano-<br>diorit  | Mt. Frosty, Hozomeen Range            |               | 66,76 | 13,84 | 19,40 | 6,59 | 3,51 | 23,47 | 55,45 | 21,08 | 1,96             | 3,52 | 0,60  | 2,73 | 0,14 | M. F. Connor |
| 2   | Granit            | Sumas Mt., Skagit Range               |               | 57,14 | 5,80  | 37,06 | 5,40 | 3,42 | 33,80 | 36,15 | 24,05 | 2,83             | 1,78 | —0,26 | 0,40 | 1,44 | M. Dittrich  |
| 3   | Granit            | Silver Creek, Skagit Range            |               | 62,44 | 6,02  | 31,54 | 6,40 | 2,81 | 26,73 | 55,12 | 18,15 | 2,09             | 1,83 | 0,13  | 0,53 | 1,04 | "            |
| 4   | Quarz-<br>diorit  | Chilliwalk, Skagit Range              | Batholith     | 64,32 | 21,32 | 14,36 | 5,03 | 6,02 | 15,42 | 47,14 | 37,44 | 1,24             | 6,02 | 1,11  | 2,75 | 1,56 | "            |
| 5   | Diorit            | Slesse Mts., Skagit Range             |               | 64,76 | 26,38 | 8,86  | 4,52 | 7,15 | 13,70 | 42,10 | 44,20 | 1,11             | 7,15 | 0,46  | 5,06 | 1,04 | "            |
| 6   | Diorit            | Lillooet, Fraser River                |               | 66,60 | 38,70 | —5,30 | 4,62 | 7,41 | 7,08  | 48,38 | 44,54 | 0,59             | 9,98 | 2,37  | 6,41 | 1,18 | M. F. Connor |
| 7   | Diorit            | Lillooet, Fraser River                |               | 75,48 | 18,88 | 5,64  | 4,55 | 9,77 | 32,73 | 15,47 | 51,80 | 3,09             | 1,06 | 0,08  | 7,00 | 2,60 | "            |
| 8   | Biotit-<br>granit | Remmellakkolith, Okanagan Range       | Lakkolith     | 58,19 | 3,20  | 38,61 | 5,32 | 3,46 | 55,60 | 19,86 | 24,54 | 3,92             | 0,60 | 0,01  | 0,80 | 0,40 | "            |
| 9   | Granit            | Bauernmann Ridge, Okanagan Rge.       |               | 70,77 | 3,70  | 25,53 | 7,98 | 1,65 | 38,93 | 51,65 | 9,42  | 3,43             | 0,53 | —0,33 | 1,19 | 0,26 | "            |
| 10  | Grano-<br>diorit  | Similkameen Lakkolith, Okanagan Range | Batholith     | 67,48 | 8,70  | 23,82 | 6,35 | 4,17 | 23,46 | 51,78 | 24,76 | 1,98             | 2,18 | 0,39  | 0,92 | 1,72 | "            |
| 11  | Granit            | Osoyoos Batholith, Okanagan Range     | "             | 62,40 | 8,50  | 29,10 | 5,44 | 4,72 | 22,69 | 47,05 | 30,26 | 1,77             | 2,42 | 0,06  | 1,31 | 0,92 | "            |
| 12  | Diorit            | Remmellakkolith, Okanagan Range       | Lakkolith     | 69,00 | 11,06 | 19,94 | 5,73 | 5,79 | 9,27  | 57,13 | 33,60 | 0,80             | 2,06 | 0,14  | 2,66 | 1,34 | "            |
| 13  | Monzo-<br>nit     | Similkameenlakkolith                  | "             | 78,12 | 22,66 | —0,78 | 7,19 | 5,15 | 22,21 | 51,38 | 26,41 | 2,17             | 4,88 | 3,73  | 0,95 | 3,94 | M. Dittrich  |
| 14  | Gabbro            | Ashnola River, Okanagan Range         |               | 65,52 | 38,54 | —4,06 | 4,21 | 7,96 | 4,03  | 47,38 | 48,59 | 0,33             | 6,96 | 3,28  | 8,09 | 1,88 | M. F. Connor |

Literatur: 1—5, 8—14. R. A. Daly, Can. Geol. Surv. Mem. 38, 1912, S. 435, 444, 446, 449, 456, 457, 460, 493, 527, 533, 536, 537.  
6—7. Washington II, S. 491, Nr. 73; S. 829, Nr. 19.



## Die columbischen Granodiorite II.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2      | 3     | 4     | 5     | 6     | 7                              | 8   | 9   | 10                  | 11   | 12                             | 13  |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|---|---|---------------------|--|--------------------------------|---|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 73,16 | 72,32  | 64,44 | 49,41 | 37,33 | 33,48 | 38,40                          | 44,81   | 58,36                                       | 62,08               | 51,08  | 59,44                          | 46,57   |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,30  | 0,30   | 0,45  | 0,95  | 1,66  | —     | —                              | 0,00  | 0,54  | 0,54                | 0,45   | 0,66                           | 0,64  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,15  | 0,17   | 0,31  | —     | —     | —     | Sp.                            | 0,02  | 0,12  | 0,17                | 0,14   | 0,28                           | 0,27  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 12,78 | 14,53  | 17,05 | 18,08 | 7,27  | 1,50  | 0,29                           | 1,88  | 18,38                                       | 17,91               | 19,77  | 17,40                          | 13,51   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,43  | 0,67   | 1,53  | 5,93  | 13,41 | 7,27  | 8,42                           | 1,98  | 0,53  | 1,08                | Sp.  | 3,30                           | 2,92  |
| FeO . . .                            | 1,20  | 1,37   | 2,40  | 4,08  | 9,24  | 1,36  | 6,69                           | 4,52  | 5,30  | 3,08                | 3,60   | 2,77                           | 2,73  |
| MnO . . .                            | Sp.   | 0,02   | 0,03  | 0,09  | 0,07  | 0,06  | 0,24                           | 0,13  | 0,14  | 0,11                | 0,09   | 0,17                           | 0,40  |
| MgO . . .                            | 0,55  | 0,58   | 1,28  | 4,61  | 12,27 | 42,02 | 45,23                          | 30,91   | 2,60  | 1,77                | 4,57   | 1,81                           | 2,85  |
| CaO . . .                            | 2,00  | 1,52   | 4,28  | 10,10 | 16,50 | 0,02  | 0,35                           | 6,58  | 7,20  | 4,54                | 16,03  | 6,51                           | 19,92   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,84  | 4,46   | 5,16  | 3,48  | 0,45  | 0,29  | 0,08                           | 0,15  | 3,15  | 5,12                | 2,56   | 4,22                           | 2,33  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 3,08  | 3,51   | 1,48  | 1,01  | 0,30  | 0,29  | 0,00                           | 0,15  | 1,98  | 2,96                | 0,28   | 3,12                           | 2,52  |
| Sonstige Bestandth.                  | —     | —      | —     | —     | —     | —     | CO <sub>2</sub> 1,10<br>S 0,06 | CO <sub>2</sub> 1,79<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,29<br>NiO 0,09 | CO <sub>2</sub> 0,13<br>BaO 0,10<br>SrO Sp. | BaO 0,14<br>SrO Sp. | CO <sub>2</sub> 0,32<br>BaO 0,07<br>SrO 0,05 | S 0,02<br>BaO 0,07<br>SrO 0,05 | CO <sub>2</sub> 3,40<br>MoS <sub>2</sub> 0,78 |
| H <sub>2</sub> O + . .               | 0,87  | 0,67   | 0,78  | 1,59  | 1,03  | 13,26 | 4,11                           | 6,88  | 0,80  | 0,20                | 0,65   | 0,56                           | 0,53  |
| H <sub>2</sub> O — . .               | 0,06  | 0,06   | 0,02  | 0,04  | 0,10  | 0,60  | 0,24                           | 0,15  | 0,10  | 0,05                | 0,15   | 0,06                           | 0,33  |
| Sa. . . . .                          | 99,42 | 100,18 | 99,21 | 99,37 | 99,63 | 99,86 | 100,38                         | 100,18  | 99,43                                       | 99,75               | 99,69  | 100,44                         | 99,70   |
| Spez. Gew.                           | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —                              | —   | —   | —                   | —  | —                              | —   |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 80,20 | 78,96 | 71,60 | 56,05 | 40,42 | 32,88 | 33,72 | 42,85 | 64,61 | 68,55 | 55,02 | 66,25 | 55,13 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 0,26  | 0,26  | 0,40  | 0,82  | 1,37  | —     | —     | —     | 0,46  | 0,46  | 0,39  | 0,53  | 0,58  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,07  | 0,07  | 0,14  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | 0,07  | 0,06  | 0,13  | 0,15  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 8,22  | 9,31  | 11,13 | 12,04 | 4,61  | 0,89  | 0,16  | 1,10  | 11,95 | 11,66 | 12,54 | 11,43 | 9,60  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,59  | 0,26  | 0,67  | 2,52  | 5,46  | 2,72  | 1,11  | 0,69  | 0,20  | 0,46  | —     | 1,40  | 1,31  |
| FeO . . .                            | 1,12  | 1,25  | 2,20  | 3,88  | 8,32  | 1,12  | 4,90  | 3,65  | 4,91  | 2,85  | 3,23  | 2,61  | 2,76  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | 0,07  | 0,06  | —     | 0,16  | —     | 0,13  | 0,13  | 0,06  | 0,13  | 0,44  |
| MgO . . .                            | 0,92  | 0,98  | 2,13  | 7,82  | 19,95 | 62,09 | 59,58 | 44,77 | 4,32  | 2,91  | 7,37  | 3,01  | 5,16  |
| CaO . . .                            | 2,37  | 1,77  | 5,18  | 12,24 | 19,17 | —     | 0,32  | 6,77  | 8,57  | 5,36  | 18,49 | 7,75  | 20,22 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,08  | 4,72  | 5,53  | 3,81  | 0,45  | 0,30  | 0,05  | 0,17  | 3,39  | 5,43  | 2,65  | 4,55  | 2,69  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,17  | 2,42  | 1,07  | 0,75  | 0,19  | 0,30  | —     | 0,17  | 1,39  | 2,12  | 0,19  | 4,21  | 1,96  |



| N <sup>o</sup> | Gestein                      | Ort                                   | Lage-<br>rung | L     | M      | Q      | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt    | Analytiker   |   |
|----------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------|-------|--------|--------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|-------|--------------|---|
| 1              | Granit                       | Collins Gulch,<br>Tulameen-Distr.     |               | 57,88 | 4,88   | 37,24  | 6,25 | 1,97 | 29,97 | 56,35 | 13,68 | 2,17             | 0,92  | 0,40  | 0,53 | 1,18  | M. F. Connor |   |
| 2              | Granit                       | Otter Lake, Tulameen-Distr.           |               | 64,60 | 4,46   | 30,94  | 7,14 | 1,77 | 30,14 | 58,78 | 11,08 | 2,42             | 0,98  | —     | 0,40 | 0,99  | 0,52         | " |
| 3              | Grano-<br>diorit             | Siwash Creek, "                       |               | 70,92 | 9,86   | 19,22  | 6,60 | 4,53 | 12,06 | 62,35 | 25,59 | 1,07             | 2,13  | 0,60  | 1,53 | 1,34  | "            | " |
| 4              | Augit-<br>syenit<br>(Diorit) | Olivin Ridge, "                       |               | 66,40 | 33,06  | 0,54   | 4,56 | 7,48 | 9,04  | 45,90 | 45,06 | 0,75             | 7,82  | 4,76  | 1,43 | 5,04  | "            | " |
| 5              | Pyroxenit                    | Olivin Mts, "                         |               | 21,00 | 87,06  | —8,06  | 0,64 | 3,97 | 7,22  | 17,11 | 75,67 | 0,19             | 19,95 | 15,20 | 2,92 | 10,92 | "            | " |
| 6              | Peridotit                    | Olivin Mts, "                         |               | 2,99  | 128,02 | —31,01 | 0,30 | 0,00 | —     | —     | —     | —                | 62,09 | —     | 0,59 | 1,12  | 2,72         | " |
| 7              | Peridotit                    | Yale-Distr., Tulameen River           |               | 0,84  | 129,70 | —30,54 | 0,05 | 0,11 | —     | 50,00 | 50,00 | —                | 59,58 | 0,21  | 3,95 | 2,22  | Hillebrand   | " |
| 8              | Dunit                        | Eagle Creek und Tulameen<br>River     |               | 5,08  | 108,52 | —13,60 | 0,17 | 0,93 | —     | 26,56 | 73,44 | —                | 44,77 | 5,84  | 2,96 | 1,38  | "            | " |
| 9              | Quarz-<br>diorit             | Stemwinder Hill,<br>Heddeley Distrikt |               | 66,92 | 21,52  | 11,56  | 4,78 | 7,17 | 16,61 | 40,50 | 42,89 | 1,39             | 4,32  | 1,40  | 4,84 | 0,40  | M. F. Connor | " |
| 10             | Grano-<br>diorit             | Heddeley Distrikt                     |               | 76,84 | 14,28  | 8,88   | 7,55 | 4,11 | 22,06 | 56,50 | 21,44 | 2,12             | 2,91  | 1,25  | 2,52 | 0,82  | "            | " |
| 11             | Gabbro                       | Heddeley Distrikt                     |               | 61,52 | 38,90  | —0,42  | 2,84 | 9,70 | 2,47  | 34,46 | 63,07 | 0,19             | 7,37  | 8,79  | 7,42 | —     | "            | " |
| 12             | Grano-<br>diorit             | Jumbo Mine, Copper Mts.<br>Alaska     |               | 72,76 | 17,36  | 9,88   | 6,76 | 4,67 | 37,93 | 40,99 | 21,08 | 4,21             | 3,01  | 3,08  | 1,34 | 2,80  | Steiger      | " |
| 13             | Diorit<br>(Gabbro)           | Jumbo Mine, Copper Mts.<br>Alaska     |               | 57,00 | 47,26  | —4,26  | 4,65 | 4,95 | 27,49 | 37,73 | 34,78 | 1,96             | 5,16  | 15,27 | 1,89 | 2,62  | C. Wells     | " |

Literatur: 1. C. Camsell, Can. Geol. Surv. Mem. 38, 1912, S. 46.

2. Washington II, S. 207, Nr. 76.

3-7. C. Camsell, Can. Geol. Surv. Mem. 26, 1913, S. 53, 61, 71, 77.

8, 9. J. F. Kemp, U. S. Geol. Surv. Bull. 193, 1902, S. 44.



## Die columbischen Granodiorite III.

## A. Gewichtsprozent.

|                                      | 1                    | 2                    | 3            | 4            | 5                   | 6            | 7                    | 8                    | 9                    | 10                   | 11           | 12                   | 13           | 14           | 15           |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| SiO <sub>2</sub> ..                  | 66,46                | 62,08                | 52,38        | 50,36        | 69,08               | 70,78        | 60,27                | 71,69                | 72,42                | 52,63                | 52,94        | 51,92                | 82,10        | 76,90        | 74,23        |
| TiO <sub>2</sub> ..                  | 0,27                 | 0,73                 | 1,10         | 0,90         | 0,23                | 0,20         | 0,63                 | 0,59                 | 0,68                 | 0,62                 | 0,73         | 0,83                 | 0,40         | 0,35         | 0,58         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..     | 0,08                 | 0,30                 | 0,75         | 0,07         | 0,07                | 0,26         | 0,20                 | 0,07                 | 0,11                 | 0,33                 | 0,08         | 0,04                 | 0,04         | 0,15         | —            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..    | 15,34                | 16,61                | 15,29        | 13,63        | 13,93               | 15,72        | 17,17                | 13,29                | 10,47                | 16,76                | 14,22        | 14,13                | 8,86         | 11,25        | 13,23        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..    | 1,68                 | 1,53                 | 2,99         | 2,22         | 2,72                | 0,36         | 2,36                 | 0,83                 | 0,83                 | 2,86                 | 2,08         | 2,97                 | 0,49         | 0,69         | 0,84         |
| FeO ..                               | 1,83                 | 3,72                 | 5,53         | 3,88         | 1,62                | 1,61         | 3,67                 | 4,23                 | 5,50                 | 10,74                | 8,11         | 6,92                 | 1,38         | 3,04         | 2,65         |
| MnO ..                               | —                    | 0,11                 | 0,10         | 0,20         | Sp                  | 0,03         | 0,14                 | 0,09                 | 0,16                 | 0,38                 | 0,35         | 0,14                 | 0,03         | 0,02         | 0,07         |
| MgO ..                               | 1,11                 | 2,44                 | 5,84         | 8,67         | 0,80                | 0,46         | 2,45                 | 1,28                 | 0,41                 | 4,33                 | 6,99         | 8,22                 | 0,56         | 1,01         | 1,02         |
| CaO ..                               | 3,43                 | 5,20                 | 7,30         | 11,50        | 3,38                | 1,92         | 6,49                 | 1,66                 | 2,53                 | 6,17                 | 10,92        | 11,53                | 0,82         | 0,88         | 1,13         |
| Na <sub>2</sub> O ..                 | 4,86                 | 3,18                 | 3,68         | 2,54         | 3,55                | 3,48         | 2,92                 | 2,48                 | 1,93                 | 1,41                 | 1,40         | 1,38                 | 2,51         | 3,28         | 2,78         |
| K <sub>2</sub> O ..                  | 4,58                 | 3,29                 | 3,84         | 0,75         | 3,99                | 5,23         | 3,25                 | 2,37                 | 2,94                 | 2,29                 | 0,49         | 0,47                 | 2,41         | 1,36         | 2,66         |
| Sonstige Bestandteile                | BaO 0,09<br>SrO 0,03 | BaO 0,25<br>SrO 0,15 | —            | —            | BaO 0,01<br>SrO Sp. | —            | BaO 0,04<br>SrO 0,04 | CO <sub>2</sub> 0,13 | CO <sub>2</sub> 0,51 | CO <sub>2</sub> 0,10 | —            | CO <sub>2</sub> 0,06 | —            | —            | —            |
| H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O— | 0,29                 | 1,00<br>0,16         | 0,63<br>0,21 | 0,71<br>0,05 | 1,05<br>0,03        | 0,25<br>0,10 | 0,23<br>0,15         | 1,31<br>0,14         | 1,11<br>0,06         | 1,17<br>0,12         | 1,56<br>0,12 | 1,07<br>0,10         | 0,37<br>0,05 | 1,20<br>0,20 | 0,81<br>0,08 |
| Summa                                | 99,93                | 100,47               | 100,04       | 99,98        | 100,45              | 100,41       | 100,01               | 100,16               | 99,76                | 99,91                | 99,99        | 99,78                | 100,02       | 100,33       | 100,08       |
| Sp. Gew.                             | —                    | 2,754                | 2,847        | —            | 2,69                | 2,654        | 2,785                | 2,773                | 2,784                | 3,020                | 2,980        | 3,000                | 2,681        | 2,680        | 2,754        |

## B. Molekularprozent.

|                                   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> ..               | 73,23 | 68,42 | 57,62 | 53,68 | 76,23 | 77,64 | 66,60 | 78,51 | 79,40 | 58,94 | 56,54 | 55,13 | 86,54 | 82,50 | 80,50 |
| TiO <sub>2</sub> ..               | 0,20  | 0,59  | 0,92  | 0,68  | 0,20  | 0,20  | 0,54  | 0,46  | 0,59  | 0,54  | 0,59  | 0,62  | 0,32  | 0,28  | 0,48  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..  | —     | 0,13  | 0,33  | —     | —     | 0,13  | 0,07  | —     | 0,07  | 0,13  | —     | —     | 0,18  | 0,07  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. | 9,91  | 10,77 | 9,90  | 8,28  | 9,07  | 10,12 | 11,13 | 8,54  | 6,78  | 11,02 | 8,97  | 8,80  | 5,51  | 7,12  | 8,46  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .. | 0,73  | 0,66  | 1,25  | 0,86  | 1,13  | 0,13  | 0,99  | 0,33  | 0,33  | 1,21  | 0,83  | 1,21  | 0,20  | 0,29  | 0,35  |
| FeO ..                            | 1,65  | 3,37  | 5,02  | 7,23  | 1,46  | 1,45  | 3,38  | 3,81  | 5,00  | 10,01 | 7,24  | 6,12  | 1,22  | 2,74  | 2,41  |
| MnO ..                            | —     | 0,13  | 0,07  | 0,19  | —     | —     | 0,13  | 0,07  | 0,13  | 0,34  | 0,32  | 0,13  | 0,02  | 0,02  | 0,07  |
| MgO ..                            | 1,85  | 4,03  | 9,64  | 13,40 | 1,32  | 0,79  | 4,04  | 2,10  | 0,66  | 7,26  | 11,22 | 13,13 | 0,88  | 1,62  | 1,65  |
| CaO ..                            | 4,03  | 6,15  | 8,58  | 12,66 | 4,04  | 2,24  | 7,69  | 1,91  | 2,96  | 7,39  | 12,50 | 13,07 | 0,93  | 1,01  | 1,31  |
| Na <sub>2</sub> O ..              | 5,16  | 3,44  | 3,96  | 2,53  | 3,77  | 3,68  | 3,11  | 2,63  | 2,04  | 1,55  | 1,47  | 1,47  | 2,57  | 3,42  | 2,93  |
| K <sub>2</sub> O ..               | 3,24  | 2,31  | 2,71  | 0,49  | 2,78  | 3,62  | 2,32  | 1,64  | 2,04  | 1,61  | 0,32  | 0,32  | 1,63  | 0,93  | 1,84  |



| Nr. | Gestein               | Ort  | Lagerung         | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO   | Mt   | Analytiker   |
|-----|-----------------------|--|------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|------|--------------|
| 1   | Granodiorit (Syenit)  | Kokanee Mts., W Kootany                    |                  | 73,24 | 12,04 | 14,72 | 8,40 | 1,51 | 35,37 | 56,33 | 8,30  | 3,24             | 1,85  | 2,52  | 0,92  | 1,46 | M. Dittrich  |
| 2   | Granodiorit           | Trail W Kootany                            |                  | 66,08 | 17,32 | 16,60 | 5,75 | 5,02 | 27,97 | 41,65 | 30,38 | 2,31             | 4,03  | 1,13  | 2,84  | 1,32 | M. F. Connor |
| 3   | Monzonit              | Coryell Batholith W Kootany                | Batholith        | 66,28 | 40,16 | -6,44 | 6,67 | 3,23 | 32,69 | 47,78 | 19,53 | 2,71             | 9,64  | 5,35  | 3,84  | 2,50 | "            |
| 4   | Hypersthen-<br>gabbro | Boothlag Bassin, O Kootany, St. Mary River |                  | 45,20 | 56,44 | -1,64 | 3,02 | 5,26 | 8,67  | 44,78 | 46,55 | 0,49             | 13,40 | 7,40  | 6,56  | 1,72 | "            |
| 5   | Granodiorit           | Taku Arm, Atlin-Distrikt                   |                  | 62,48 | 8,60  | 28,92 | 6,55 | 2,52 | 35,60 | 48,27 | 16,13 | 2,78             | 1,32  | 1,52  | 0,33  | 2,26 | "            |
| 6   | Granit                | Rykert Batholith, Nelson Rge.              | "                | 67,94 | 4,48  | 27,58 | 7,30 | 2,24 | 42,99 | 43,71 | 13,30 | 3,62             | 0,79  | -0,58 | 1,32  | 0,26 | "            |
| 7   | Granodiorit           | Bayonne Batholith, Nelson Rge.             | "                | 66,24 | 19,08 | 14,68 | 5,43 | 5,70 | 28,02 | 37,56 | 34,42 | 2,32             | 4,04  | 1,99  | 2,52  | 1,98 | "            |
| 8   | Granit                | Moie Sill, Purcell Mts.                    | 4,5 m v. Kont. E | 44,16 | 11,96 | 43,88 | 4,27 | 1,91 | 31,36 | 50,29 | 18,35 | 1,64             | 2,10  | -2,36 | 3,55  | 0,66 | M. Dittrich  |
| 9   | "                     | " " "                                      | 12 m v. Kont. D  | 43,44 | 12,10 | 44,46 | 4,08 | 2,70 | 37,57 | 37,57 | 24,86 | 2,04             | 0,66  | 0,26  | 4,80  | 0,66 | "            |
| 10  | Quarzgabbro           | " " "                                      | 60 m v. Kont. C  | 55,31 | 35,22 | 9,47  | 3,16 | 7,39 | 23,47 | 22,59 | 53,94 | 1,61             | 7,26  | -0,47 | 9,14  | 2,42 | "            |
| 11  | Gabbro                | " " "                                      | 9 m v. Boden A   | 43,04 | 48,20 | 8,76  | 1,79 | 7,18 | 5,95  | 27,32 | 66,73 | 0,32             | 11,22 | 5,32  | 6,73  | 1,16 | "            |
| 12  | Hornblende-<br>gabbro | " " "                                      | Normal-<br>typ B | 42,36 | 50,88 | 6,76  | 1,79 | 7,01 | 6,04  | 27,74 | 66,22 | 0,32             | 13,13 | 6,06  | 5,04  | 2,42 | "            |
| 13  | Crestonquarzit        | Moie Sill                                  |                  | 37,70 | 4,24  | 58,06 | 4,20 | 0,93 |       |       |       |                  | 1,63  | 0,88  | -0,38 | 1,04 | 0,40         |
| 14  | Kitchenerquarzit      | " " "                                      |                  | 40,60 | 8,76  | 50,64 | 4,35 | 1,01 |       |       |       |                  | 0,93  | 1,62  | -1,76 | 2,47 | 0,58         |
| 15  | "                     | Moie Sill, Kontakt-<br>grenze              |                  | 45,78 | 8,26  | 45,96 | 4,77 | 1,31 |       |       |       |                  | 1,84  | 1,65  | -2,38 | 2,13 | 0,70         |

Literatur: I. R. W. Brock, Can. Geol. Surv. Ann. Rep. (1902) 1903, S. 99.

2, 3, 6, 7, R. A. Daly, Can. Geol. Surv. Mem. 38, (I), 1912, S. 287, 291, 347, 361. — 4. Washington II, S. 645, Nr. 43.

5. D. D. Cairnes, Can. Geol. Surv. Mem. 37, 1913, S. 58.

8—12. R. A. Daly, Rosenbusch-Festschrift 1906, S. 213, 214, 217, 218 und Can. Geol. Surv. Mem. 38, (I), 1912.



## Britisch-Columbien. Atlantische Gesteine. I.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1                    | 2                    | 3                    | 4                    | 5                    | 6        | 7                    | 8                                   | 9                    | 10                   | 11     |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 55,11                | 52,53                | 50,49                | 52,24                | 62,04                | 52,63    | 51,83                | 40,25                               | 53,42                | 41,66                | 39,25  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,48                 | 0,07                 | 0,92                 | 0,73                 | 0,72                 | 0,86     | 0,86                 | Sp.                                 | 0,60                 | 1,95                 | 0,91   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,27                 | 0,42                 | 0,28                 | 0,59                 | 0,17                 | 0,42     | 0,55                 | —                                   | 0,10                 | 0,10                 | 0,35   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 21,28                | 19,05                | 15,83                | 19,28                | 17,63                | 19,18    | 18,25                | 1,10                                | 21,04                | 22,75                | 16,01  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,64                 | 4,77                 | 6,11                 | 4,34                 | 1,98                 | 3,51     | 4,26                 | 4,61                                | 1,74                 | 2,33                 | 4,31   |
| FeO . . . . .                            | 1,29                 | 2,10                 | 3,04                 | 1,13                 | 1,57                 | 2,08     | 1,46                 | 3,04                                | 2,83                 | 6,08                 | 9,64   |
| MnO . . . . .                            | 0,08                 | 0,13                 | 0,11                 | Sp.                  | Sp.                  | Sp.      | Sp.                  | 0,11                                | 0,07                 | 0,14                 | —      |
| MgO . . . . .                            | 0,59                 | 1,99                 | 3,38                 | 1,85                 | 0,99                 | 2,61     | 3,28                 | 37,91                               | 0,61                 | 3,11                 | 4,24   |
| CaO . . . . .                            | 2,82                 | 5,75                 | 7,99                 | 4,43                 | 1,75                 | 3,71     | 4,08                 | 1,16                                | 2,88                 | 7,76                 | 13,42  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 6,24                 | 4,03                 | 3,12                 | 6,34                 | 4,73                 | 4,85     | 4,68                 | 0,48                                | 7,80                 | 8,81                 | 4,92   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 8,36                 | 7,30                 | 6,86                 | 2,40                 | 6,74                 | 5,95     | 5,75                 | 0,16                                | 7,48                 | 3,12                 | 2,26   |
| Sonstige Bestand-                        | CO <sub>2</sub> 0,27 | CO <sub>2</sub> 0,27 | CO <sub>2</sub> 0,07 | CO <sub>2</sub> 0,35 | CO <sub>2</sub> 0,20 | BaO 0,35 | CO <sub>2</sub> 0,43 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,15 | CO <sub>2</sub> 0,43 | CO <sub>2</sub> 0,40 | —      |
| teile . . . . .                          | CO <sub>2</sub> 0,08 | BaO 0,09             | —                    | BaO 0,36             | —                    | —        | —                    | —                                   | SO <sub>3</sub> 0,97 | SO <sub>3</sub> 0,05 | —      |
|  |                      | SrO 0,19             |                      | SrO 0,42             |                      |          | SrO 0,42             |                                     | Cl 0,10              | Cl 0,02              | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,58                 | 1,49                 | 1,20                 | 4,63                 | 1,18                 | 3,19     | 3,15                 | 9,08                                | 0,76                 | 1,50                 | 0,80   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,14                 | 0,13                 | 0,29                 | 0,80                 | 0,12                 | 0,27     | 0,27                 | 0,32                                | 0,04                 | 0,03                 | 4,02   |
| Sa. . . . .                              | 99,96                | 100,17               | 99,83                | 99,89                | 99,82                | 100,03   | 99,70                | 100,32                              | 99,97                | 99,89                | 100,13 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 2,666                | 2,719                | 2,849                | 2,528                | 2,497                | —        | 2,621                | 2,868                               | 2,609                | 2,892                | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 8     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 64,40 | 61,56 | 58,27 | 63,62 | 71,07 | 62,43 | 61,80 | 38,72 | 62,32 | 48,36 | 45,64 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,42  | 0,07  | 0,83  | 0,66  | 0,62  | 0,79  | 0,79  | —     | 0,57  | 1,67  | 0,77  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,14  | 0,14  | 0,20  | 0,29  | 0,07  | 0,22  | 0,29  | —     | 0,07  | 0,07  | 0,14  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 14,65 | 13,14 | 10,73 | 13,81 | 11,89 | 13,43 | 12,80 | 0,64  | 14,43 | 15,54 | 10,96 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,19  | 2,11  | 2,63  | 1,97  | 0,89  | 1,57  | 1,93  | 1,67  | 0,77  | 0,98  | 1,88  |
| FeO . . . . .                            | 1,26  | 2,04  | 2,91  | 1,17  | 1,51  | 2,07  | 1,43  | 2,42  | 2,73  | 5,92  | 9,35  |
| MnO . . . . .                            | 0,07  | 0,14  | 0,14  | —     | —     | —     | Sp.   | 0,06  | 0,07  | 0,14  | —     |
| MgO . . . . .                            | 1,05  | 3,51  | 5,88  | 3,36  | 1,72  | 4,64  | 5,87  | 54,70 | 1,05  | 5,44  | 7,40  |
| CaO . . . . .                            | 3,50  | 7,24  | 9,90  | 5,77  | 2,13  | 4,71  | 5,22  | 1,21  | 3,57  | 9,68  | 16,68 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 7,08  | 4,57  | 3,46  | 7,45  | 5,22  | 5,57  | 5,44  | 0,46  | 8,82  | 9,90  | 5,51  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 6,24  | 5,48  | 5,05  | 1,90  | 4,88  | 4,57  | 4,43  | 0,12  | 5,60  | 2,30  | 1,67  |



| N  | Gestein                               | Ort                               | Lagerung         | L      | M      | Q      | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker   |
|----|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------|--------|--------|-------|------|------------------|-------|-------|------|------|--------------|
| 1  | Nephelinsyenit                        | Kruger Mts., Okanagan Range       |                  | 111,88 | 9,10   | -20,98 | 13,32 | 1,33 | 6,24             | 1,05  | 2,17  | 0,14 | 2,38 | M. F. Connor |
| 2  | Malignit                              | Kruger Mts., Okanagan Range       |                  | 92,76  | 19,75  | -12,51 | 10,05 | 3,09 | 5,48             | 3,51  | 4,15  | 0,07 | 4,22 | "            |
| 3  | Malignit                              | Kruger Mts., Okanagan Range       |                  | 76,96  | 33,22  | -10,18 | 8,51  | 2,22 | 5,05             | 5,88  | 7,68  | 0,42 | 5,26 | "            |
| 4  | Shackanit<br>(Analcim rhombenporphyr) | Shackan, Rock Creek, Midway Mts.  |                  | 92,64  | 12,48  | -5,12  | 9,35  | 4,46 | 1,90             | 3,36  | 1,31  | —    | 3,14 | M. Ditttrich |
| 5  | Pulaskitporphyr                       | Midway, Rock Creek, Midway Mts.   |                  | 87,96  | 7,14   | 4,90   | 10,10 | 1,79 | 4,88             | 1,72  | 0,34  | 0,62 | 1,78 | "            |
| 6  | Rhombenporphyr                        | Rock Creek Chonolith, Midway Mts. | Rand der Masse   | 94,28  | 16,26  | -10,54 | 10,14 | 3,29 | 4,57             | 4,64  | 1,42  | 0,50 | 3,14 | "            |
| 7  | Rhombenporphyr                        | Rock Creek Chonolith, Midway Mts. | Zentrum d. Masse | 90,68  | 19,68  | -10,36 | 9,87  | 2,93 | 4,43             | 5,87  | 2,29  | —    | 3,36 | "            |
| 8  | Dunit                                 | Rock Creek, Midway Mts.           |                  | 4,88   | 116,66 | -21,54 | 0,58  | 0,06 | 0,12             | 54,70 | 1,15  | 0,81 | 3,34 | "            |
| 9  | Nephelinsyenit                        | Leancohoie, Ice River             |                  | 115,40 | 14,82  | -30,22 | 14,42 | 0,01 | 5,60             | 1,05  | 3,56  | 2,03 | 1,54 | M. F. Connor |
| 10 | Ijolith                               | Leancohoie, Ice River             |                  | 110,96 | 35,68  | -46,64 | 12,20 | 3,34 | 2,30             | 5,44  | 6,34  | 5,08 | 1,96 | "            |
| 11 | Ijolith                               | Ice River                         |                  | 72,56  | 59,30  | -31,86 | 7,18  | 3,78 | 1,67             | 7,40  | 12,90 | 7,47 | 3,76 | N. N. Evans  |

Literatur: 1—8. R. A. Daly, Can. Geol. Survey Mem. 38, 1, 1912, S. 394, 409, 414, 419, 450, 451.

9. Washington II, S. 553, 554.



## Britisch-Columbien. Atlantische Gesteine II.

## A. Gewichtsprozent.

|                                | 1     | 2                             | 3                    | 4                    | 5                    | 6                    | 7                              | 8  | 9                    | 10  | 11   | 12   |
|--------------------------------|-------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|--|----------------------|---|--|--|
| SiO <sub>2</sub>               | 77,09 | 62,59                         | 60,51                | 54,54                | 53,68                | 52,95                | 54,49                          | 42,31  | 42,99                | 40,25   | 52,64  | 59,06  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,05  | 0,54                          | 0,60                 | 0,95                 | 0,90                 | 0,70                 | 0,70                           | 2,00   | Sp.                  | Sp.   | 0,64   | 1,08   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,10  | 0,11                          | 0,16                 | 0,46                 | 1,05                 | 0,47                 | 0,20                           | 1,44   | 0,04                 | —   | 0,41   | 0,21   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,04 | 17,23                         | 16,71                | 18,10                | 16,89                | 14,00                | 16,51                          | 11,40  | 1,11                 | 1,10  | 20,69  | 16,24  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,82  | 1,51                          | 1,72                 | 1,14                 | 1,28                 | 2,57                 | 2,79                           | 4,07   | 1,87                 | 4,61  | 2,54   | 0,43   |
| FeO                            | 0,26  | 2,02                          | 3,34                 | 4,63                 | 5,53                 | 5,55                 | 5,20                           | 6,11   | 5,91                 | 3,04  | 1,82   | 4,88   |
| MnO                            | Sp.   | —                             | 0,10                 | 0,10                 | 0,11                 | 0,13                 | 0,10                           | 0,11   | 0,05                 | 0,11  | 0,07   | 0,20   |
| MgO                            | 0,12  | 1,30                          | 2,53                 | 4,56                 | 3,70                 | 7,29                 | 3,55                           | 11,31  | 43,14                | 37,91   | 1,61   | 3,51   |
| CaO                            | 0,63  | 1,99                          | 3,62                 | 5,85                 | 6,08                 | 6,93                 | 7,06                           | 10,02  | 0,10                 | 1,16  | 3,93   | 5,59   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,11  | 5,50                          | 4,64                 | 3,38                 | 4,03                 | 2,73                 | 3,50                           | 0,82   | 0,29                 | 0,48  | 4,84   | 2,84   |
| K <sub>2</sub> O               | 4,50  | 6,74                          | 5,20                 | 5,44                 | 4,32                 | 5,09                 | 4,36                           | 3,69   | 0,13                 | 0,16  | 5,99   | 3,95   |
| Sonstige Bestandteile          | —     | SO <sub>3</sub> } Sp.<br>Cl } | BaO 0,10<br>SrO 0,12 | BaO 0,21<br>SrO 0,15 | BaO 0,38<br>SrO 0,10 | BaO 0,32<br>SrO 0,11 | CO <sub>2</sub> 0,10<br>S 0,23 | CO <sub>2</sub> Sp.<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,05<br>BaO 0,64<br>SrO 0,16 | NiO 0,15<br>BaO, SrO | CO <sub>2</sub> 1,95<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,15 | CO <sub>2</sub> 0,75<br>BaO 0,60<br>SrO 0,21 | CO <sub>2</sub> 0,70<br>BaO 0,11<br>SrO 0,12 |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,07  | 0,30                          | 0,27                 | 0,50                 | 1,85                 | 0,50                 | 1,18                           | 2,72   | 4,00                 | 9,08  | 2,23   | 0,19   |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,03  | —                             | 0,03                 | 0,10                 | 0,10                 | 0,16                 | 0,07                           | 2,28   | 0,51                 | 0,32  | 0,28   | 0,21   |
| Sa.                            | 99,82 | 99,83                         | 99,65                | 100,12               | 100,00               | 99,50                | 100,04                         | 99,13  | 100,29               | 100,32  | 99,25  | 99,32  |
| Spez. Gew.                     | 2,600 | —                             | 2,667                | 2,745                | 2,723                | 2,872                | —                              | 2,817  | 3,075                | 2,868   | —  | 2,796  |

## B. Molekularprozent.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 83,70 | 70,19 | 67,48 | 59,96 | 60,57 | 57,71 | 61,02 | 47,16 | 37,56 | 39,08 | 65,11 | 68,91 |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | 0,47  | 0,54  | 1,58  | 0,74  | 0,59  | 0,60  | 1,67  | —     | —     | 0,59  | 0,98  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | 0,19  | 0,47  | 0,20  | 0,07  | 0,67  | —     | —     | 0,22  | 0,07  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8,34  | 11,37 | 10,97 | 11,68 | 11,23 | 8,95  | 10,89 | 7,49  | 0,58  | 0,64  | 15,07 | 11,13 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,33  | 0,61  | 0,60  | 0,46  | 0,54  | 1,04  | 1,21  | 1,67  | 0,63  | 1,69  | 1,19  | 0,21  |
| FeO                            | 0,26  | 1,88  | 3,08  | 4,22  | 5,14  | 5,03  | 4,84  | 5,69  | 4,30  | 1,63  | 1,86  | 4,76  |
| MnO                            | —     | —     | 0,07  | 0,07  | 0,14  | 0,13  | 0,07  | 0,13  | —     | 0,06  | —     | 0,22  |
| MgO                            | 0,20  | 2,22  | 4,21  | 7,52  | 6,29  | 11,90 | 5,98  | 18,93 | 56,52 | 55,21 | 0,30  | 0,63  |
| CaO                            | 0,72  | 2,42  | 4,28  | 6,93  | 7,37  | 8,04  | 8,47  | 13,11 | 0,10  | 1,16  | 5,19  | 7,00  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,26  | 5,99  | 5,02  | 3,63  | 4,40  | 2,88  | 3,76  | 0,87  | 0,26  | 0,47  | 5,72  | 3,15  |
| K <sub>2</sub> O               | 3,13  | 4,78  | 3,68  | 3,76  | 3,11  | 3,53  | 3,09  | 2,61  | 0,05  | 0,06  | 4,75  | 2,94  |



| N <sup>o</sup> | Gestein           | Ort                            | L      | M      | Q     | A     | C    | Or    | Ab    | An    | K <sup>2</sup> O | MgO   | CaO  | Fe   | Mt.  | Analytiker   |   |
|----------------|-------------------|--------------------------------|--------|--------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|------|------|------|--------------|---|
| 1              | Granit            | Sheppard Creek, Roßland-Distr. | 55,23  | 0,99   | 43,78 | 6,39  | 0,72 | 46,37 | 48,30 | 5,33  | 3,13             | 0,20  | 1,23 | 0,07 | 0,52 | M. F. Connor |   |
| 2              | Pulaskit          | Roßland                        | 88,56  | 11,84  | 0,40  | 10,77 | 0,60 | —     | —     | —     | 4,78             | 2,22  | 1,82 | 1,27 | 1,22 | M. Dittrich  |   |
| 3              | Syenitporphyr     | Monument 169, Roßland-Mts.     | 78,68  | 18,74  | 2,58  | 8,70  | 2,27 | 37,39 | 51,02 | 11,59 | 3,68             | 4,21  | 2,01 | 2,55 | 1,20 | M. F. Connor |   |
| 4              | Augitlatit        | Stony Creek, Roßland-Mts.      | 76,28  | 28,90  | 5,18  | 7,39  | 4,29 | 39,41 | 38,05 | 22,54 | 3,76             | 7,52  | 2,64 | 3,83 | 0,92 | "            |   |
| 5              | Hornblendeminette | Columbia River, Roßland-Mts.   | 74,96  | 30,44  | 25,40 | 7,51  | 3,72 | —     | —     | —     | 3,11             | 6,29  | 3,65 | 4,74 | 1,08 | "            |   |
| 6              | Olivinsyenit      | Christina Lake, Roßland-Mts.   | 67,44  | 45,12  | 6,56  | 6,41  | 2,54 | —     | —     | —     | 3,53             | 11,90 | 5,50 | 4,12 | 2,08 | "            |   |
| 7              | Monzonit          | Le Roi Mine, Roßland           | 70,96  | 30,64  | 1,60  | 6,85  | 4,04 | —     | —     | —     | 3,09             | 5,98  | 4,43 | 3,70 | 2,42 | "            |   |
| 8              | Missourit         | Roßland                        | 43,88  | 67,70  | 11,58 | 3,48  | 4,01 | —     | —     | —     | 2,61             | 18,93 | 9,10 | 4,15 | 3,34 | "            |   |
| 9              | Harzburgit        | Santa Rosa Creek, Roßland-Mts. | 3,05   | 121,64 | 24,69 | 0,31  | 0,10 | —     | —     | —     | 0,05             | 36,52 | —    | 0,17 | 3,67 | 1,26         | " |
| 10             | Dunit             | Mac Rae Creek, Roßland-Mts.    | 4,68   | 115,90 | 20,58 | 0,53  | 0,11 | —     | —     | —     | 0,06             | 55,21 | 1,05 | —    | 3,38 | "            |   |
| 11             | Augittrachyt      | Phoenix, Britisch Columbien    | 102,16 | 5,50   | 7,66  | 10,47 | 4,60 | —     | —     | —     | 4,75             | 0,30  | 0,59 | 0,67 | 2,38 | "            |   |
| 12             | Latit             | Record-Mts., Roßland           | 68,88  | 15,14  | 15,98 | 6,09  | 5,04 | 34,15 | 36,58 | 29,27 | 2,94             | 0,63  | 1,96 | 4,77 | 0,42 | "            |   |

Literatur: 1—10, 12. R. A. Daly, Can. Geol. Surv. Mem. 38, 1912, S. 310, 325, 327, 335, 336, 343, 355, 357, 359, 364, 368. — 11. O. C. Le Roy, Can. Geol. Surv. Mem. 21, 1912, S. 46.



## Alaska, Prince of Wales Island, Douglas-Insel.

## A. Gewichtsprozent.

|                                | 1      | 2   | 3   | 4      | 5      | 6      | 7      |
|--------------------------------|--------|---|---|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 62,03  | 59,44   | 46,57   | 59,55  | 64,87  | 70,86  | 70,50  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,53   | 0,66  | 0,64  | 0,96   | 0,70   | 0,34   | 0,20   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,13   | 0,28  | 0,27  | 0,26   | 0,19   | 0,11   | Sp.    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,39  | 17,40   | 13,51   | 16,18  | 16,26  | 14,96  | 9,85   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,72   | 3,30  | 2,92  | 1,94   | 1,51   | 1,06   | 1,02   |
| FeO                            | 0,86   | 2,77  | 2,73  | 5,61   | 2,89   | 1,43   | 3,12   |
| MnO                            | —      | 0,17  | 0,40  | —      | —      | —      | 0,14   |
| MgO                            | 1,60   | 1,81  | 2,85  | 2,86   | 1,72   | 0,41   | 0,07   |
| CaO                            | 3,60   | 6,51  | 19,92   | 6,26   | 4,72   | 2,23   | 0,36   |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,08   | 4,22  | 2,33  | 3,40   | 3,82   | 3,90   | 4,57   |
| K <sub>2</sub> O               | 12,38  | 3,13  | 2,52  | 2,62   | 3,30   | 4,60   | 4,28   |
| Sonstige Bestandteile          | —      | F Sp.<br>S 0,02<br>BaO 0,07<br>SrO 0,05<br>0,56<br>0,06 | CO <sub>2</sub> 3,40<br>MoS <sub>2</sub> 0,78<br>0,53<br>0,33 | —      | —      | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,61   | —   | —   | 0,82   | 0,28   | 0,40   | 6,07   |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,24   | —   | —   | 0,04   | —      | —      | —      |
| Sa.                            | 100,17 | 100,45  | 99,70   | 100,50 | 100,26 | 100,30 | 100,18 |
| Spez. Gew.                     | —      | —   | —   | —      | —      | —      | —      |

## B. Molekularprozent.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 70,16 | 66,25 | 55,13 | 65,17 | 70,84 | 77,56 | 80,85 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,47  | 0,53  | 0,58  | 0,79  | 0,59  | 0,26  | 0,21  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,07  | 0,13  | 0,15  | 0,13  | 0,07  | 0,07  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,92 | 11,43 | 9,60  | 10,42 | 10,47 | 9,64  | 6,64  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,34  | 1,40  | 1,31  | 0,79  | 0,66  | 0,46  | 0,41  |
| FeO                            | 0,81  | 2,61  | 2,76  | 5,15  | 2,63  | 1,32  | 2,97  |
| MnO                            | —     | 0,13  | 0,44  | —     | —     | —     | 0,14  |
| MgO                            | 2,71  | 3,01  | 5,16  | 4,68  | 2,83  | 0,66  | 0,14  |
| CaO                            | 4,34  | 7,75  | 20,22 | 7,39  | 5,53  | 2,64  | 0,41  |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,22  | 4,55  | 2,69  | 3,63  | 4,08  | 4,16  | 5,12  |
| K <sub>2</sub> O               | 8,96  | 2,21  | 1,96  | 1,85  | 2,30  | 3,23  | 3,11  |



| N | Gestein     | Ort                              | L     | M     | Q      | A     | C      | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|---|-------------|----------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|------------------|------|-------|------|------|------------|
| 1 | Orthoklasit | Toms Basin, Copper Mts.          | 84,40 | 14,08 | 1,52   | 10,18 | 0,74   | 8,96             | 2,71 | 3,60  | 0,47 | 0,68 | C. Palmer  |
| 2 | Granodiorit | Jumbo Mine Mts.                  | 72,76 | 17,36 | 9,88   | 6,76  | 4,67   | 2,21             | 3,01 | 3,08  | 1,34 | 2,80 | Steiger    |
| 3 | Diorit      | Jumbo Mine Mts.                  | 57,00 | 46,91 | — 3,91 | 4,65  | 4,95   | 1,96             | 5,16 | 15,27 | 1,89 | 2,62 | Wells      |
| 4 | Granodiorit | Westliche Teile }<br>Coast Range | 63,60 | 24,56 | 11,84  | 5,48  | 4,94   | 1,85             | 4,68 | 2,45  | 4,36 | 1,58 | Buddington |
| 5 | Granodiorit | Herz }<br>Lakkolithen            | 67,40 | 13,80 | 18,80  | 6,38  | 4,09   | 2,30             | 2,83 | 1,44  | 1,97 | 1,32 |            |
| 6 | Granodiorit | Oestliche Teile }<br>SO Alaska   | 68,12 | 4,74  | 27,14  | 7,39  | 2,25   | 3,23             | 0,66 | 0,39  | 0,86 | 0,92 |            |
| 7 | Obsidian    | Denny Island, Milbank Sund       | 53,12 | 14,50 | 32,38  | 8,23  | — 1,59 | 3,11             | 0,14 | 0,41  | 1,93 | —    | Connor     |

Literatur: 1—3. Washington, U. S. Geol. Surv. P. P. 99, 1917.  
 4, 5. Buddington, Journ. Geol. 35, 1927, S. 234—246.  
 6. v. Dolmage, Journ. Geol. 32, 1924, S. 36.



## Katmaigebiet. I.

## A. Gewichtsprozent.

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .                      | 59,11   | 57,85   | 59,28   | 54,29   | 71,22   | 65,59                                       | 57,76   | 76,53   | 76,91                                       | 63,72                                       | 62,97                                       | 63,82   | 49,01   | 64,12                                       |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .                      | 0,77  | 1,08  | 0,70  | 0,92  | 0,37  | 0,85  | 1,07  | 0,17  | 0,18  | 0,67  | 0,67  | 0,68  | 0,84  | 0,67  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .         | 0,36  | 0,23  | 0,15  | 0,09  | 0,11  | 0,43  | 0,60  | 0,05  | —   | 0,22  | 0,25  | 0,25  | 0,14  | 0,29  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .        | 16,71   | 16,47   | 16,73   | 17,08   | 13,82   | 15,32                                       | 16,06   | 12,31   | 12,18                                       | 15,87                                       | 15,67                                       | 16,04   | 17,22   | 15,69                                       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .        | 1,01  | 2,09  | 2,13  | 3,62  | 0,79  | 1,33  | 4,30  | 0,46  | 0,48  | 2,26  | 2,27  | 2,34  | 5,17  | 3,80  |
| FeO . . . . .                                   | 4,92  | 6,51  | 4,59  | 5,23  | 1,66  | 4,09  | 4,51  | 0,96  | 0,92  | 3,57  | 3,64  | 3,41  | 3,68  | 1,94  |
| MnO . . . . .                                   | 0,10  | 0,12  | 0,11  | 0,18  | 0,05  | 0,13  | 0,14  | 0,04  | —   | 0,12  | 0,11  | 0,11  | 0,18  | 0,10  |
| MgO . . . . .                                   | 3,71  | 3,07  | 4,14  | 4,46  | 0,65  | 1,35  | 2,82  | —   | —   | 2,49  | 2,75  | 2,52  | 6,27  | 2,55  |
| CaO . . . . .                                   | 6,36  | 7,12  | 7,37  | 8,94  | 2,49  | 4,09  | 6,91  | 1,01  | 0,92  | 5,33  | 5,64  | 5,31  | 8,14  | 5,53  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .                     | 3,65  | 3,16  | 3,17  | 3,16  | 4,24  | 4,59  | 3,51  | 4,15  | 4,17  | 3,69  | 3,62  | 3,83  | 2,31  | 3,67  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .                      | 1,12  | 1,00  | 1,33  | 0,46  | 2,54  | 1,67  | 0,68  | 3,05  | 3,15  | 1,74  | 1,55  | 1,78  | 0,16  | 1,86  |
| Sonstige Bestandteile                           | BaO 0,02<br>Cl 0,10<br>SO <sub>3</sub> 0,09<br>S 0,15 | BaO 0,03<br>Cl 0,06<br>SO <sub>3</sub> 0,06<br>S 0,09 | BaO 0,07<br>Cl 0,02<br>SO <sub>3</sub> 0,06<br>S 0,06 | BaO 0,03<br>Cl 0,04<br>SO <sub>3</sub> 0,03<br>S 0,04 | BaO 0,06<br>Cl 0,13<br>SO <sub>3</sub> 0,05<br>S 0,01 | BaO 0,06<br>Cl 0,10<br>SO <sub>3</sub> 0,08 | BaO 0,02<br>Cl 0,05<br>SO <sub>3</sub> 0,09<br>S 0,01 | BaO 0,02<br>Cl 0,05<br>SO <sub>3</sub> 0,09<br>S 0,01 | BaO 0,07<br>Cl 0,03<br>SO <sub>3</sub> 0,01 | BaO 0,02<br>Cl 0,12<br>SO <sub>3</sub> 0,17 | BaO 0,02<br>Cl 0,05<br>SO <sub>3</sub> 0,09 | BaO 0,03<br>Cl 0,08<br>SO <sub>3</sub> 0,10<br>CO <sub>2</sub> 0,08 | BaO 0,04<br>Cl 0,08<br>SO <sub>3</sub> 0,14<br>CO <sub>2</sub> 0,08 | BaO 0,03<br>Cl 0,01<br>SO <sub>3</sub> 0,10 |
| H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O — . . . . . | 0,09  | 0,39<br>0,11  | 0,21<br>0,10  | 0,90<br>0,30  | 1,64<br>0,01  | 0,48<br>0,04                                | 0,72<br>0,76  | 0,87<br>0,25  | 0,66<br>0,24                                | 0,18<br>0,06                                | 0,40<br>0,19                                | 0,23<br>0,03  | 1,56<br>4,71  | 0,05<br>0,02                                |
| Sa. . . . .                                     | 99,90   | 100,12  | 100,16  | 100,08  | 99,83   | 100,20                                      | 100,00  | 100,16  | 99,81                                       | 100,23                                      | 99,89                                       | 100,56  | 99,73   | 100,43                                      |
| Spez. Gew. . . . .                              | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |

## B. Molekularprozent.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 65,00 | 63,15 | 64,02 | 59,86 | 78,20 | 71,58 | 64,60 | 82,80 | 83,38 | 69,26 | 68,78 | 69,26 | 52,22 | 69,90 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,64  | 0,89  | 0,57  | 0,76  | 0,30  | 0,70  | 0,90  | 0,14  | 0,14  | 0,55  | 0,55  | 0,56  | 0,83  | 0,55  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,21  | 0,22  | 0,09  | 0,10  | 0,30  | 0,38  | 0,38  | 0,44  | —     | 0,32  | 0,15  | 0,17  | 0,16  | 0,19  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,79 | 10,66 | 10,66 | 11,11 | 8,95  | 9,87  | 10,60 | 7,85  | 7,79  | 10,18 | 10,10 | 10,27 | 13,26 | 10,09 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,42  | 0,86  | 0,87  | 1,51  | 0,32  | 0,55  | 1,81  | 0,19  | 0,20  | 0,92  | 0,94  | 0,96  | 2,55  | 1,56  |
| FeO . . . . .                            | 4,56  | 5,96  | 4,16  | 4,84  | 1,53  | 3,74  | 4,24  | 0,87  | 0,84  | 3,26  | 3,34  | 3,11  | 4,03  | 1,78  |
| MnO . . . . .                            | 0,09  | 0,11  | 0,10  | 0,17  | 0,07  | 0,12  | 0,13  | 0,04  | —     | 4,05  | 4,05  | 4,09  | 12,24 | 4,15  |
| MgO . . . . .                            | 6,13  | 5,01  | 6,69  | 7,35  | 1,07  | 2,20  | 4,71  | 1,90  | —     | 6,24  | 6,62  | 6,20  | 11,44 | 6,50  |
| CaO . . . . .                            | 7,45  | 8,36  | 8,59  | 10,59 | 2,97  | 4,83  | 8,32  | 4,36  | 4,40  | 3,90  | 3,85  | 4,04  | 2,94  | 3,89  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,92  | 4,14  | 3,33  | 3,39  | 4,53  | 4,87  | 3,82  | 2,11  | 2,18  | 1,21  | 1,08  | 1,24  | 0,13  | 1,30  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,79  | 0,70  | 0,92  | 0,32  | 1,79  | 1,16  | 0,49  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |



| N  | Gestein                       | Ort                                  | Lagerung                      | L     | M     | Q     | A    | C     | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1  | Hornblende-quarzdiortit P.    | Unteres Ende des Katmaicanyon        | Intrusiv in Jura interglazial | 62,00 | 24,30 | 13,70 | 4,71 | 6,08  | 7,32  | 36,33 | 56,35 | 0,79             | 6,13  | 1,37  | 4,23 | 0,84 | Fenner     |
| 2  | Basaltische Lava N.           | Katmai, NW der Katmaicanyonenge      |                               | 61,76 | 27,36 | 10,88 | 4,84 | 5,76  | 6,60  | 39,05 | 54,35 | 0,70             | 5,01  | 2,60  | 5,21 | 1,72 | "          |
| 3  | Graue andesitische Lava G.    | Katmai, Rand des Canyons, 686 m      |                               | 59,64 | 26,26 | 14,10 | 4,25 | 6,41  | 8,63  | 31,24 | 60,13 | 0,92             | 6,69  | 2,18  | 3,39 | 1,74 | "          |
| 4  | Dunkelgrauer Andesit A.       | Südstrand, Katmai                    | Gerölle                       | 59,28 | 31,10 | 9,62  | 3,71 | 7,40  | 2,88  | 30,51 | 66,61 | 0,32             | 7,35  | 3,19  | 3,50 | 3,02 | "          |
| 5  | Hyperstendazit A.             | Südstrand, Katmaikrater              | Bimsstein 1912                | 61,08 | 5,96  | 32,96 | 6,32 | 2,63  | 20,00 | 50,62 | 29,38 | 1,79             | 1,07  | 0,34  | 1,25 | 0,64 | "          |
| 6  | Hypersthen-andesit, säulig D. | Südhang des Katmai, Wasserfall       | Über Konglomerat, Strom       | 63,60 | 14,10 | 22,30 | 6,03 | 3,84  | 11,75 | 49,35 | 38,90 | 1,16             | 2,20  | 0,99  | 3,31 | 1,10 | "          |
| 7  | Lavagerölle                   | Boden des Katmaikraters              | Gerölle                       | 59,64 | 22,22 | 18,14 | 4,31 | 6,29  | 4,62  | 36,04 | 59,34 | 0,49             | 4,71  | 2,03  | 2,56 | 3,62 | "          |
| 8  | Bimsstein, Dazit A.           | Katmai, Eruption 1912                |                               | 56,74 | 1,82  | 41,44 | 6,47 | 1,20  | 27,52 | 56,84 | 15,64 | 2,11             | —     | —0,18 | 0,72 | 0,38 | "          |
| 9  | Bimsstein, Dazit A.           | Katmai, Eruption 1912                | A.—P. vgl. Karte 43 S. 569    | 57,02 | 1,76  | 41,22 | 6,58 | 1,07  | 28,50 | 57,52 | 13,98 | 2,18             | —     | —0,14 | 0,64 | 0,40 | "          |
| 10 | Lavastrom I.                  | SO unter dem Gipfelkrater Mt. Martin |                               | 61,16 | 17,18 | 21,66 | 5,11 | 5,07  | 11,89 | 38,31 | 49,80 | 1,21             | 4,05  | 1,17  | 2,45 | 1,84 | Steiger    |
| 11 | Andesit B.                    | Mageikrater, S-Cliff                 |                               | 60,12 | 18,76 | 21,12 | 4,93 | 5,17  | 10,69 | 38,12 | 51,19 | 1,08             | 4,49  | 1,45  | 2,50 | 1,88 | Fenner     |
| 12 | Lavageschiebe C.              | Endmoräne, N-Hang Mt. Mageik         |                               | 62,20 | 17,02 | 20,78 | 5,28 | 4,99  | 12,07 | 39,34 | 48,59 | 1,24             | 4,09  | 1,21  | 2,25 | 1,92 | "          |
| 13 | Geröll A.                     | Kraterboden, Katmai                  |                               | 65,32 | 35,44 | —0,76 | 3,07 | 10,19 | 1,00  | 22,16 | 76,84 | 0,13             | 12,24 | 1,25  | 1,68 | 5,10 | "          |
| 14 | Lavageschiebe C.              | Endmoräne, N-Hang Mt. Mageik         |                               | 61,12 | 15,24 | 23,64 | 5,19 | 4,90  | 12,88 | 38,56 | 48,56 | 1,30             | 4,15  | 1,60  | 0,31 | 3,12 | "          |



## Katmaigebiet II.

## A. Gewichtss-

|  | 1     | 2   | 3   | 4                             | 5   | 6   | 7   | 8   |
|--|-------|---|---|-------------------------------|---|---|---|---|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 65,51 | 66,81                                       | 56,12                                       | 58,66                         | 54,10                                       | 55,44                                       | 56,57                                       | 68,86                                       |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,56  | 0,51  | 0,91  | 0,54                          | 0,89  | 0,63  | 0,84  | 0,34  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,29  | 0,29  | 0,40  | 0,35                          | 0,40  | 0,20  | 0,44  | 0,35  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,79 | 14,66                                       | 17,67                                       | 16,20                         | 17,59                                       | 17,67                                       | 18,57                                       | 15,38                                       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,71  | 2,00  | 6,37  | 3,07                          | 3,07  | 3,07  | 4,99  | 1,97  |
| FeO . . . . .                            | 3,50  | 2,71  | 1,63  | 2,74                          | 4,94  | 4,74  | 1,67  | 1,14  |
| MnO . . . . .                            | 0,07  | 0,07  | 0,14  | 0,08                          | 0,12  | 0,12  | 0,12  | 0,12  |
| MgO . . . . .                            | 2,15  | 1,90  | 3,72  | 3,79                          | 5,15  | 4,22  | 2,18  | 0,85  |
| CaO . . . . .                            | 4,88  | 4,48  | 7,10  | 6,22                          | 8,70  | 8,31  | 7,70  | 3,73  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,03  | 3,85  | 3,71  | 3,44                          | 3,35  | 3,15  | 3,44  | 4,10  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,64  | 1,95  | 1,10  | 1,29                          | 0,95  | 0,55  | 0,96  | 2,40  |
| Sonstige Bestandteile                    | —     | BaO 0,06<br>Cl 0,07<br>SO <sub>3</sub> 0,12 | BaO 0,02<br>Cl 0,08<br>SO <sub>3</sub> 0,10 | BaO 0,03<br>Cl 0,05<br>S 0,09 | BaO 0,03<br>Cl 0,06<br>SO <sub>3</sub> 0,07 | BaO 0,02<br>Cl 0,04<br>SO <sub>3</sub> 0,10 | BaO 0,02<br>Cl 0,04<br>SO <sub>3</sub> 0,09 | BaO 0,03<br>Cl 0,10<br>SO <sub>3</sub> 0,22 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,01  | 0,11  | 0,59  | 2,42                          | 0,56  | 1,39  | 0,80  | 0,33  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —     | 0,06  | 0,15  | 0,81                          | 0,13  | 0,11  | 1,61  | 0,13  |
| Sa. . . . .                              | 99,85 | 99,65                                       | 99,81                                       | 100,15                        | 100,11                                      | 99,72                                       | 100,04                                      | 100,05                                      |
| Spez. Gew. . . . .                       | —     | —   | —   | —                             | —   | —   | —   | —   |

## B. Molekular-

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .                   | 70,96 | 72,74 | 63,09 | 65,98 | 58,96 | 61,37 | 64,79 | 75,56 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .                   | 0,46  | 0,42  | 0,77  | 0,45  | 0,73  | 0,53  | 0,72  | 0,28  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + Cl . . . . . | —     | 0,26  | 0,34  | 0,28  | 0,30  | 0,10  | 0,30  | 0,36  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .     | 10,09 | 9,41  | 11,72 | 10,75 | 11,31 | 11,54 | 12,55 | 9,96  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .     | 0,70  | 0,82  | 2,70  | 1,30  | 1,26  | 1,28  | 2,15  | 0,81  |
| FeO . . . . .                                | 3,18  | 2,48  | 1,54  | 2,58  | 4,51  | 4,41  | 1,60  | 1,05  |
| MnO . . . . .                                | 0,06  | 0,07  | 0,14  | 0,07  | 0,11  | 0,11  | 0,12  | 0,11  |
| MgO . . . . .                                | 3,48  | 3,09  | 6,26  | 6,37  | 8,39  | 6,99  | 3,74  | 1,40  |
| CaO . . . . .                                | 5,68  | 5,27  | 8,60  | 7,53  | 10,22 | 9,89  | 9,50  | 4,41  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .                  | 4,25  | 4,08  | 4,05  | 3,76  | 3,55  | 3,39  | 3,83  | 4,37  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .                   | 1,14  | 1,36  | 0,79  | 0,93  | 0,66  | 0,39  | 0,70  | 1,69  |

| Nr. | Gestein                     | Ort   | Lagerung            | L     | M     |
|-----|-----------------------------|---|---------------------|-------|-------|
| 1   | Andesit F.                  | Falling Mts., Nordseite                       |                     | 61,92 | 15,40 |
| 2   | Hornblendebiotitquarzdiorit | K. Novarupta am Baked Mt.                     | Auswürfling         | 59,40 | 13,88 |
| 3   | Andesit J.                  | Knife Peak Vulkan 30 m u. d. Gipfel           |                     | 66,24 | 20,48 |
| 4   | Hornblendeandiesitporphyrit | L. Westlich Knife Peak                        | 10 m mächtiger Gang | 61,76 | 20,98 |
| 5   | Säuliger Olivinbasalt M.    | Zwischen Ukak River u. Knife Peak             | Alter Neek          | 62,08 | 32,26 |
| 6   | Hornblendeandiesitporphyrit | H. Südende Naknek Lake, 1433 m                | Lavagang in Jura    | 61,28 | 27,28 |
| 7   | Andesit                     | Kukak Bay, 40 km O Katmai, Shelikoff-Straße   | Strom               | 68,32 | 14,43 |
| 8   | "                           | Mt. Peulik, S Becharof Lake, 100 km SW Katmai | Vulkanschlot        | 64,08 | 6,14  |
| 9   | "                           | Mt. Peulik, S Becharof Lake, 100 km SW Katmai |                     | 65,24 | 8,14  |
| 10  | "                           | Mt. Wrangell                                  | rez. Strom          | 63,56 | 22,12 |
| 11  | "                           | Yentna River, Alaska                          |                     | 68,72 | 13,10 |
| 12  | "                           | Unga Island, 55° 15' NBr., 160° 40' WL.       |                     | 63,40 | 26,60 |
| 13  | "                           | Unalaskha Island                              |                     | 62,64 | 26,86 |
| 14  | "                           | Augustine Volcano                             |                     | 61,16 | 23,70 |
| 15  | Hornblendeandesit           | Bogosloff Island                              |                     | 75,80 | 13,55 |
| 16  | "                           | Bogosloff Island                              |                     | 74,80 | 15,89 |
| 17  | "                           | Mt. Drum, Nadina-Gletscher Wrangell           |                     | 65,96 | 15,76 |
| 18  | Basalt                      | Bogosloff-Insel                               |                     | 79,04 | 26,78 |

Literatur: I. und II. Nr. 1—14 und 1—16. Cl. N. Fenner, The Katmai Nr. 18. Becker, 17. Ann. Rep. Geol. Surv. 1890/98, S. 81.



## Alaska.

prozenzte.

| 9   | 10       | 11                           | 12                 | 13     | 14                 | 15                            | 16    | 17                                       | 18     |
|---|----------|------------------------------|--------------------|--------|--------------------|-------------------------------|-------|--|--------|
| 67,21                                       | 61,31    | 62,78                        | 56,63              | 58,63  | 60,40              | 59,81                         | 56,07 | 62,67                                    | 51,54  |
| 0,43  | 0,73     | 0,56                         | 0,67               | 0,74   | 0,61               | 0,53                          | 1,24  | 0,48                                     | 0,32   |
| 0,20  | 0,18     | 0,15                         | 0,16               | 0,20   | 0,16               | 0,38                          | 0,16  | 0,01                                     | 0,57   |
| 16,10                                       | 16,70    | 17,16                        | 16,81              | 16,23  | 16,89              | 18,03                         | 19,06 | 16,26                                    | 20,31  |
| 3,38  | 1,30     | 1,96                         | 3,62               | 1,91   | 1,88               | 3,94                          | 5,39  | 3,25                                     | 4,64   |
| 0,63  | 4,08     | 2,31                         | 3,44               | 4,20   | 3,72               | 0,87                          | 0,92  | 1,17                                     | 3,56   |
| 0,11  | 0,14     | 0,06                         | 0,23               | 0,11   | 0,12               | 0,18                          | 0,23  | 0,11                                     | 0,32   |
| 1,43  | 3,44     | 2,52                         | 4,23               | 4,28   | 3,82               | 1,37                          | 2,12  | 3,08                                     | 3,16   |
| 4,32  | 6,10     | 4,84                         | 7,53               | 6,59   | 7,25               | 6,51                          | 7,70  | 5,56                                     | 9,55   |
| 4,06  | 4,05     | 4,11                         | 3,08               | 3,51   | 3,80               | 4,46                          | 4,52  | 4,24                                     | 4,29   |
| 2,29  | 1,38     | 2,15                         | 2,24               | 2,09   | 0,77               | 3,12                          | 1,24  | 1,67                                     | 2,47   |
| BaO 0,07<br>Cl 0,08<br>SO <sub>3</sub> 0,06 | BaO 0,05 | BaO 0,04<br>Cl Sp.<br>S 0,02 | BaO 0,09<br>S 0,03 | S 0,02 | BaO 0,06<br>S 0,04 | BaO 0,20<br>Cl 0,31<br>S 0,20 | —     | BaO 0,06<br>SrO 0,03<br>NiO 0,01         | —      |
| 0,11  | 0,36     | 0,88                         | 0,51               | 1,17   | 0,20               | 0,08                          | 0,99  | 1,01                                     | 0,34   |
| 0,03  | 0,22     | 0,24                         | 0,80               | 0,15   | 0,09               | 0,16                          | —     | 0,23                                     |        |
| 100,51                                      | 100,04   | 99,58                        | 100,07             | 99,83  | 99,81              | 100,15                        | 99,64 | 100,35<br>inkl.<br>ZrO <sub>2</sub> 0,15 | 101,07 |

prozenzte.

| 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 73,55 | 66,38 | 69,62 | 62,61 | 64,13 | 65,26 | 66,96 | 63,74 | 68,85 | 57,42 |
| 0,36  | 0,59  | 0,47  | 0,56  | 0,61  | 0,50  | 0,45  | 1,06  | 0,40  | 0,27  |
| 0,25  | 0,08  | 0,08  | 0,08  | 0,10  | 0,08  | 0,75  | 0,08  | 0,07  | 0,27  |
| 10,39 | 10,67 | 11,23 | 10,97 | 10,47 | 10,77 | 11,91 | 12,79 | 10,77 | 13,35 |
| 1,40  | 0,53  | 0,82  | 1,51  | 0,79  | 0,77  | 1,67  | 2,31  | 1,34  | 1,95  |
| 0,58  | 3,71  | 2,15  | 3,19  | 3,86  | 3,37  | 0,82  | 0,88  | 1,08  | 3,32  |
| 0,10  | 0,13  | 0,05  | 0,21  | 0,10  | 0,11  | 0,17  | 0,22  | 0,10  | 0,30  |
| 2,34  | 5,57  | 3,84  | 6,99  | 7,00  | 6,17  | 2,30  | 3,61  | 5,06  | 5,27  |
| 5,11  | 7,12  | 5,79  | 9,00  | 7,75  | 8,45  | 7,93  | 9,40  | 6,61  | 11,44 |
| 4,32  | 4,26  | 4,43  | 3,31  | 3,73  | 3,99  | 4,81  | 5,00  | 4,55  | 4,65  |
| 1,60  | 0,95  | 1,52  | 1,57  | 1,46  | 0,53  | 2,23  | 0,91  | 1,17  | 1,76  |

| Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sub>2</sub> O | Mgo  | CaO  | FeO  | Mt.  | Analytiker |
|-------|------|------|-------|-------|-------|------------------|------|------|------|------|------------|
| 22,68 | 5,39 | 4,70 | 11,30 | 42,12 | 46,58 | 1,14             | 3,48 | 0,98 | 2,54 | 1,40 | Fenner     |
| 26,72 | 5,44 | 3,97 | 14,45 | 43,36 | 42,19 | 1,36             | 3,09 | 1,30 | 1,73 | 1,64 | "          |
| 13,28 | 4,84 | 6,88 | 6,74  | 34,56 | 58,70 | 0,79             | 6,26 | 1,72 | —    | 4,38 | "          |
| 17,26 | 4,69 | 6,06 | 8,65  | 34,98 | 56,37 | 0,93             | 6,37 | 1,47 | 1,35 | 2,60 | "          |
| 5,66  | 4,21 | 7,10 | 5,84  | 31,39 | 62,77 | 0,66             | 8,39 | 3,12 | 3,36 | 2,52 | "          |
| 11,44 | 3,78 | 7,76 | 3,38  | 29,38 | 67,24 | 0,39             | 6,99 | 2,13 | 3,24 | 2,56 | "          |
| 17,25 | 4,53 | 8,02 | 5,58  | 30,52 | 63,90 | 0,70             | 3,74 | 1,48 | —    | 3,87 | "          |
| 29,78 | 6,06 | 3,90 | 16,97 | 43,87 | 39,16 | 1,69             | 1,40 | 0,51 | 0,35 | 1,62 | "          |
| 26,62 | 5,92 | 4,47 | 15,40 | 41,58 | 43,02 | 1,60             | 2,34 | 0,64 | —    | 2,08 | "          |
| 14,32 | 5,21 | 5,47 | 8,90  | 39,93 | 51,17 | 0,95             | 5,57 | 1,65 | 3,31 | 1,06 | Hillebrand |
| 18,18 | 5,95 | 5,28 | 13,54 | 39,45 | 47,01 | 1,52             | 3,84 | 1,56 | —    | 2,52 | Stokes     |
| 10,00 | 4,88 | 6,09 | 14,31 | 30,17 | 55,52 | 1,57             | 6,99 | 2,91 | 1,89 | 3,02 | Hillebrand |
| 10,50 | 5,19 | 5,28 | 13,94 | 35,63 | 50,43 | 1,46             | 7,00 | 2,47 | 3,17 | 1,58 | "          |
| 15,14 | 4,52 | 6,25 | 4,92  | 37,05 | 58,03 | 0,53             | 6,17 | 2,20 | 2,71 | 1,54 | "          |
| 10,65 | 7,04 | 4,87 | 18,72 | 40,39 | 40,89 | 2,23             | 2,30 | 3,06 | —    | 2,66 | Fenner     |
| 9,31  | 5,91 | 6,88 | 7,11  | 39,10 | 53,79 | 0,91             | 3,61 | 2,52 | —    | 3,41 | Chatard    |
| 18,28 | 5,72 | 5,05 | 10,86 | 42,25 | 46,89 | 1,17             | 5,06 | 1,56 | —    | 2,52 | Hillebrand |
| —5,82 | 6,41 | 6,94 | 13,18 | 34,83 | 51,99 | 1,76             | 5,27 | 4,50 | 1,67 | 3,90 | Chatard    |

Magmatic Province, Journ. Geol. Bd. XXXIV, Nr. 1, Washington 1926, S. 673—772.



## Arizona I. San Francisco Mts.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8     | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     |
|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 74,02 | 74,23 | 74,93  | 74,19  | 74,01  | 68,76  | 66,85  | 65,92 | 66,98  | 66,50  | 65,99  | 61,96  | 64,60  | 62,32  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,02  | 0,08  | 0,07   | 0,09   | 0,11   | 0,81   | 0,39   | 0,51  | 0,35   | 0,59   | 0,68   | 0,87   | 0,80   | 0,96   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —      | —      | 0,15   | 0,15   | 0,11   | 0,25  | 0,13   | 0,19   | 0,16   | 0,22   | 0,18   | 0,20   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 13,20 | 13,65 | 13,11  | 12,85  | 13,08  | 15,22  | 16,48  | 17,12 | 16,47  | 16,55  | 16,14  | 17,04  | 16,60  | 16,40  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,50  | 0,84  | 0,51   | 1,60   | 1,38   | 2,72   | 1,40   | 2,55  | 2,31   | 2,25   | 2,28   | 2,71   | 2,30   | 2,87   |
| FeO . . . . .                            | 0,50  | 1,01  | 0,77   | 0,98   | 1,21   | 1,74   | 1,80   | 2,15  | 2,14   | 2,38   | 1,84   | 2,66   | 2,66   | 3,32   |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | Sp     | —      | —      | —      | —      | 0,72  | 0,86   | 0,87   | 1,47   | —      | 0,06   | —      |
| MgO . . . . .                            | 0,06  | 0,23  | 0,23   | 0,11   | Sp     | 1,68   | 3,06   | 2,59  | 0,52   | 2,75   | 3,57   | 2,41   | 0,93   | 2,10   |
| CaO . . . . .                            | 0,56  | 0,75  | 0,30   | 0,12   | 0,13   | —      | —      | —     | 2,02   | —      | —      | 3,99   | 3,06   | 3,83   |
| SiO . . . . .                            | —     | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| BaO . . . . .                            | —     | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | 0,04   | —      |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,18  | 4,87  | 5,64   | 5,86   | 5,78   | 4,42   | 4,70   | 4,49  | 5,05   | 4,55   | 4,73   | 4,00   | 5,12   | 4,26   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,82  | 3,96  | 4,28   | 3,98   | 4,31   | 3,73   | 2,48   | 3,10  | 3,32   | 3,36   | 2,90   | 3,10   | 3,43   | 3,25   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,86  | 0,19  | 0,28   | 0,10   | 0,16   | 0,66   | 1,66   | 0,26  | 0,59   | 0,16   | 0,67   | 0,89   | 0,10   | 0,62   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —     | —     | 0,04   | 0,16   | 0,10   | 0,16   | 0,09   | 0,10  | 0,12   | 0,12   | 0,15   | 0,22   | 0,18   | 0,08   |
| Summa . . . . .                          | 99,72 | 99,84 | 100,16 | 100,04 | 100,27 | 100,27 | 100,29 | 99,90 | 100,00 | 100,27 | 100,57 | 100,07 | 100,06 | 100,21 |
| Spez. Gewicht                            | —     | 2,56  | 2,37   | 2,66   | 2,38   | 2,48   | 2,48   | 2,60  | 2,48   | 2,56   | 2,53   | 2,59   | 2,66   | 2,59   |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 82,10 | 80,84 | 81,06 | 80,90 | 80,65 | 76,45 | 74,02 | 73,56 | 74,85 | 73,47 | 72,76 | 69,08 | 71,81 | 69,22 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,27  | 0,33  | 0,40  | 0,27  | 0,46  | 0,53  | 0,73  | 0,67  | 0,80  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | 0,07  | 0,13  | 0,07  | 0,07  | 0,06  | 0,13  | 0,07  | 0,07  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,58  | 8,76  | 8,37  | 8,24  | 8,37  | 9,94  | 10,76 | 11,24 | 10,80 | 10,74 | 10,44 | 11,18 | 10,87 | 10,73 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,20  | 0,33  | 0,19  | 0,65  | 0,59  | 1,13  | 0,60  | 1,07  | 0,94  | 0,93  | 0,92  | 1,14  | 0,93  | 1,20  |
| FeO . . . . .                            | 0,47  | 0,92  | 0,71  | 0,92  | 1,11  | 1,60  | 1,66  | 2,01  | 2,01  | 2,39  | 1,65  | 2,48  | 2,45  | 3,06  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,13  | 0,39  | 0,39  | 0,20  | —     | 1,20  | 2,13  | 1,41  | 0,87  | 1,46  | 2,44  | 4,02  | 1,53  | 3,46  |
| CaO . . . . .                            | 0,67  | 0,85  | 0,32  | 0,13  | 0,13  | 2,00  | 3,65  | 3,08  | 2,41  | 3,25  | 4,23  | 4,75  | 3,67  | 4,53  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,46  | 5,10  | 5,91  | 6,15  | 6,08  | 4,74  | 5,05  | 4,89  | 5,43  | 4,84  | 5,02  | 4,78  | 5,53  | 4,60  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,39  | 2,75  | 2,99  | 2,75  | 3,01  | 2,60  | 1,73  | 2,21  | 2,35  | 2,39  | 2,05  | 2,21  | 2,40  | 2,33  |



| Nr. | Gestein                             | Ort               | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|-------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|------------|
| 1   | Biotitryolith                       | Sugarloaf Hill    | 65,54 | 1,20  | 33,26 | 7,85 | 0,67 | 3,39             | 0,13 | —    | 0,27 | 0,40 | Robinson   |
| 2   | Biotitnatrongranitporphyr           | Marble Hill       | 66,26 | 2,62  | 31,12 | 7,85 | 0,85 | 2,75             | 0,39 | —    | 0,59 | 0,66 | "          |
| 3   | Biotitnatronrhyolith                | Sitgreaves Peak   | 66,96 | 5,34  | 27,70 | 8,37 | —    | 0,53             | 2,99 | 0,39 | 0,32 | 0,37 | "          |
| 4   | Riebeckitnatrongranitporphyr        | San Francisco Mt. | 65,92 | 6,44  | 27,64 | 8,24 | —    | 0,66             | 2,75 | 0,20 | 0,13 | 0,91 | "          |
| 5   | Riebeckitnatronrhyolith IV. Stadium | " "               | 66,96 | 6,54  | 26,50 | 8,37 | —    | 0,72             | 3,01 | —    | 0,13 | 0,98 | "          |
| 6   | Biotitdazit I. Stadium              | Kendrick Peak     | 67,32 | 5,60  | 27,08 | 7,34 | 2,00 | 2,60             | 1,20 | —    | 0,47 | 2,26 | "          |
| 7   | Hornblendedazit                     | Mormon Mt.        | 69,17 | 7,58  | 23,25 | 6,78 | 3,65 | 1,73             | 2,13 | —    | 1,06 | 1,20 | "          |
| 8   | Hornblendehyperstendazit            | Elden Mt.         | 70,18 | 6,84  | 22,98 | 7,10 | 3,08 | 2,21             | 1,41 | —    | 0,94 | 2,14 | "          |
| 9   | Biotitdazit                         | O'Leary Peak      | 72,49 | 5,76  | 21,75 | 7,78 | 2,41 | 2,35             | 0,87 | —    | 1,07 | 1,88 | "          |
| 10  | Biotithornblendedazit III. Stadium  | San Francisco Mt. | 71,10 | 7,70  | 21,20 | 7,23 | 3,25 | 2,39             | 1,46 | —    | 1,46 | 1,86 | "          |
| 11  | Hornblendedazit                     | Bill Williams Mt. | 70,04 | 9,90  | 20,06 | 7,07 | 3,37 | 2,05             | 2,44 | 0,86 | 0,73 | 1,84 | "          |
| 12  | Pyroxendazit II. Stadium            | Kendrick Peak     | 70,68 | 13,12 | 16,20 | 6,49 | 4,69 | 2,21             | 4,02 | 0,06 | 1,34 | 2,28 | "          |
| 13  | Hyperstendazit II. Stadium          | San Francisco Mt. | 75,20 | 9,56  | 15,24 | 7,93 | 2,94 | 2,40             | 1,53 | 0,73 | 1,59 | 1,86 | "          |
| 14  | Hornblendedazit                     | O'Leary Peak      | 70,64 | 14,50 | 14,86 | 6,93 | 3,80 | 2,33             | 3,46 | 0,73 | 1,86 | 2,40 | "          |



## Arizona II. San Francisco Mts., Mt. Taylor.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 15    | 16    | 17     | 18    | 19    | 20     | 21     | 22     | 23    | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     |
|--|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 60,40 | 59,76 | 61,60  | 57,64 | 56,51 | 53,97  | 49,73  | 51,53  | 47,41 | 47,70  | 68,40  | 67,98  | 65,51  | 47,54  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,00  | 1,07  | 0,73   | 1,57  | 1,50  | 1,40   | 1,51   | 1,50   | 1,54  | 1,45   | —      | 0,34   | 0,92   | 2,76   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,22  | 0,35  | 0,24   | 0,37  | 0,30  | 0,10   | 0,31   | 0,36   | 0,49  | 0,29   | —      | 0,33   | 0,07   | 0,51   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,01 | 17,03 | 17,34  | 17,07 | 16,28 | 16,00  | 15,96  | 18,21  | 16,35 | 15,30  | 17,99  | 15,53  | 16,89  | 16,73  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,05  | 3,00  | 2,22   | 3,07  | 2,93  | 4,56   | 3,50   | 3,80   | 3,37  | 5,93   | 2,66   | 2,68   | 1,41   | 6,69   |
| FeO . . . . .                            | 3,92  | 3,60  | 2,73   | 5,15  | 5,13  | 3,63   | 7,50   | 6,10   | 7,72  | 4,85   | 1,63   | 0,18   | 2,52   | 6,67   |
| MnO . . . . .                            | —     | 0,10  | —      | 0,08  | 0,08  | —      | 0,50   | 0,10   | 0,27  | 0,46   | 0,21   | 0,04   | 0,31   | 0,19   |
| MgO . . . . .                            | 2,97  | 2,11  | 2,46   | 2,80  | 4,12  | 6,36   | 7,62   | 4,99   | 8,55  | 7,31   | 0,49   | 1,47   | 0,39   | 6,38   |
| CaO . . . . .                            | 4,45  | 4,06  | 4,92   | 5,55  | 6,10  | 7,47   | 9,85   | 8,05   | 10,45 | 11,83  | 0,67   | 3,39   | 1,19   | 8,74   |
| SrO . . . . .                            | —     | 0,03  | —      | —     | —     | —      | 0,02   | —      | Sp.   | 0,02   | —      | —      | —      | —      |
| BaO . . . . .                            | —     | 0,14  | —      | 0,05  | —     | —      | 0,09   | —      | 0,04  | 0,09   | —      | —      | —      | —      |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,85  | 4,50  | 5,10   | 4,20  | 3,94  | 4,38   | 2,56   | 3,45   | 2,50  | 2,46   | 4,54   | 4,53   | 6,42   | 0,03   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,97  | 2,94  | 2,16   | 2,14  | 2,18  | 1,23   | 0,64   | 1,67   | 0,75  | 0,61   | 3,54   | 3,00   | 5,02   | 2,81   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,70  | 0,43  | 0,51   | 0,05  | 0,40  | 1,31   | 0,35   | 0,31   | 0,11  | 0,34   | 0,52   | 1,05   | 0,16   | 0,36   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,11  | 0,64  | 0,12   | 0,09  | 0,10  | 0,03   | 0,10   | 0,20   | 0,08  | 0,10   | —      | 0,11   | —      | —      |
| CO <sub>2</sub> . . . . .                | —     | —     | —      | —     | —     | —      | —      | —      | —     | 1,87   | —      | —      | —      | —      |
| Summa . . . . .                          | 99,65 | 99,76 | 100,13 | 99,83 | 99,57 | 100,44 | 100,24 | 100,27 | 99,63 | 100,61 | 100,65 | 100,63 | 100,81 | 100,51 |
| Spez. Gewicht . .                        | 2,75  | 2,69  | 2,63   | 2,74  | 2,77  | —      | 2,95   | 2,82   | 2,95  | 2,95   | —      | —      | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 67,09 | 67,43 | 67,77 | 63,94 | 62,43 | 58,75 | 53,38 | 56,25 | 50,87 | 52,20 | 76,42 | 74,05 | 72,61 | 52,61 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,80  | 0,88  | 0,59  | 1,26  | 1,19  | 1,17  | 1,22  | 1,18  | 1,22  | 1,19  | —     | 0,20  | 0,72  | 0,26  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,13  | 0,20  | 0,13  | 0,20  | 0,13  | 0,07  | 0,13  | 0,20  | 0,25  | 0,14  | —     | 0,07  | —     | 0,27  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,06 | 11,24 | 11,23 | 11,18 | 10,54 | 10,25 | 10,04 | 11,07 | 10,30 | 9,98  | 11,80 | 11,49 | 10,97 | 10,90 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,87  | 1,29  | 0,92  | 1,26  | 1,29  | 1,89  | 1,42  | 1,57  | 1,35  | 2,45  | 1,14  | 1,55  | 0,60  | 2,79  |
| FeO . . . . .                            | 3,60  | 3,39  | 2,51  | 4,79  | 4,71  | 3,26  | 6,70  | 5,57  | 6,89  | 4,45  | 1,47  | 0,47  | 2,33  | 6,18  |
| MnO . . . . .                            | —     | 0,07  | —     | 0,07  | 0,07  | —     | 0,39  | 0,06  | 0,26  | 0,43  | 0,20  | 0,34  | 0,27  | 0,20  |
| MgO . . . . .                            | 4,93  | 3,59  | 4,10  | 4,66  | 6,83  | 10,38 | 12,30 | 9,82  | 13,78 | 11,97 | 0,80  | 0,81  | 0,66  | 10,63 |
| CaO . . . . .                            | 5,26  | 4,87  | 5,81  | 6,59  | 7,22  | 8,75  | 11,33 | 9,43  | 11,98 | 14,08 | 0,80  | 2,03  | 1,40  | 10,37 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,13  | 4,94  | 5,42  | 4,52  | 4,17  | 4,63  | 2,64  | 3,67  | 2,58  | 2,78  | 4,89  | 5,68  | 6,85  | 2,99  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,13  | 2,10  | 1,52  | 1,53  | 1,52  | 0,85  | 0,45  | 1,18  | 0,52  | 0,43  | 2,48  | 3,31  | 3,59  | 0,80  |



| Nr. | Gestein                           | Ort                        | L     | M     | Q     | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|-----------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 15  | Hypersthendazit III. Stadium      | Kendrick Peak              | 69,28 | 17,98 | 12,74 | 6,26  | 4,80 | 2,13             | 4,93  | 0,46 | 2,73 | 1,74 | Robinson   |
| 16  | Pyroxenhornblendelazit I. Stadium | San Francisco Mt.          | 73,12 | 15,44 | 11,44 | 7,04  | 4,20 | 2,10             | 3,59  | 0,67 | 2,17 | 2,58 | "          |
| 17  | Pyroxenlazit                      | Mormon Mt.                 | 72,68 | 16,26 | 11,06 | 6,94  | 4,29 | 1,52             | 4,10  | 1,52 | 1,59 | 1,84 | "          |
| 18  | Augitandesit V. Stadium           | San Francisco Mt.          | 68,92 | 21,96 | 9,12  | 6,05  | 5,13 | 1,53             | 4,66  | 1,46 | 3,60 | 2,52 | "          |
| 19  | Augitandesit IV. Stadium          | Kendrick Peak              | 64,92 | 27,96 | 7,12  | 5,69  | 4,85 | 1,52             | 6,83  | 2,37 | 3,59 | 2,38 | "          |
| 20  | Hornblendandesitbasalt            | Bill Williams Mt.          | 62,92 | 35,24 | 1,84  | 5,48  | 4,77 | 0,85             | 10,38 | 3,98 | 1,37 | 3,78 | "          |
| 21  | Augitbasalt                       | Cedar Ranch Mesa           | 52,52 | 47,54 | —0,06 | 3,09  | 6,95 | 0,45             | 12,30 | 4,38 | 5,67 | 2,84 | "          |
| 22  | Augitandesitbasalt                | Bill Williams Mt.          | 63,68 | 37,32 | —1,00 | 4,85  | 6,22 | 1,18             | 9,82  | 3,21 | 4,06 | 3,14 | "          |
| 23  | Augitbasalt V. Stadium            | Kendrick Peak              | 53,60 | 51,42 | —5,02 | 3,10  | 7,20 | 0,52             | 13,78 | 4,78 | 5,80 | 2,70 | "          |
| 24  | Basalt I. Periode, pliozän        | Cedar Ranch Mesa           | 52,36 | 48,52 | —0,88 | 3,21  | 6,67 | 0,43             | 11,97 | 7,41 | 2,43 | 4,90 | "          |
| 25  | Rhyolith                          | San Mateo Mts., Mt. Taylor | 65,79 | 4,94  | 29,27 | 7,37  | 0,80 | 2,48             | 0,80  | —    | 0,53 | 2,28 | Chatard    |
| 26  | Andesit                           | " " " "                    | 80,51 | 3,98  | 15,51 | 8,99  | 2,09 | 3,31             | 0,81  | —    | —    | 2,36 | "          |
| 27  | (Andesit) Trachyt                 | " " " "                    | 85,64 | 8,26  | 6,10  | 10,44 | 0,53 | 3,59             | 0,66  | 0,87 | 2,00 | 1,50 | "          |
| 28  | Basalt rezent                     | Bei Grants, Mt. Taylor     | 58,76 | 40,54 | 0,70  | 3,79  | 7,11 | 0,80             | 10,63 | 3,26 | 3,59 | 5,58 | "          |

Literatur: 1—24. Robinson, U.S.A. Geol. Surv. Prof. Pap. 76, 1903, 25—28. Washington, 1917.



## Arizona, Neu-Mexiko I.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2     | 3                    | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14    |
|--|-------|-------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 45,80 | 52,06 | 46,74                | 62,61  | 62,48  | 63,11  | 62,36  | 55,46  | 54,86  | 57,70  | 55,04  | 51,42  | 51,19  | 49,09 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 2,66  | 2,41  | 1,04                 | 0,60   | 0,60   | 0,80   | 0,73   | 1,20   | 1,32   | 1,10   | 1,17   | 1,39   | 1,54   | 3,40  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 2,23  | 0,32  | 0,56                 | 0,27   | 0,28   | 0,25   | 0,29   | 0,38   | 0,41   | 0,29   | 0,37   | 0,53   | 0,62   | 0,84  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 14,95 | 15,52 | 16,86                | 17,54  | 18,07  | 16,75  | 17,58  | 18,15  | 19,33  | 19,63  | 20,45  | 19,40  | 21,16  | 15,11 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,98  | 5,49  | 6,44                 | 2,72   | 2,61   | 2,68   | 2,74   | 3,93   | 3,35   | 3,30   | 2,09   | 3,74   | 2,55   | 0,48  |
| FeO . . . . .                            | 9,82  | 7,06  | 4,13                 | 1,52   | 1,97   | 1,39   | 1,66   | 3,42   | 2,59   | 1,60   | 2,71   | 3,33   | 2,31   | 7,85  |
| MnO . . . . .                            | Sp.   | 0,12  | 0,23                 | 0,14   | 0,17   | 0,11   | 0,12   | 0,21   | 0,22   | 0,17   | 0,26   | 0,23   | 0,25   | 0,25  |
| MgO . . . . .                            | 8,29  | 2,23  | 6,18                 | 1,39   | 1,34   | 1,22   | 1,37   | 3,19   | 3,09   | 1,21   | 1,63   | 2,56   | 2,34   | 7,66  |
| CaO . . . . .                            | 8,87  | 5,46  | 11,90                | 4,18   | 4,67   | 3,88   | 4,49   | 7,37   | 7,69   | 5,14   | 5,82   | 7,80   | 6,79   | 11,03 |
| SrO . . . . .                            | —     | —     | —                    | —      | —      | 0,16   | 0,03   | —      | 0,17   | —      | —      | —      | —      | —     |
| BaO . . . . .                            | —     | 5,24  | 3,13                 | 0,18   | 0,09   | 0,16   | 0,03   | 0,07   | 0,17   | 0,09   | 0,19   | 0,21   | 0,11   | —     |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,27  | —     | 4,88                 | 4,88   | 4,69   | 4,76   | 4,75   | 3,44   | 4,38   | 5,42   | 4,92   | 5,28   | 5,43   | 3,24  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,27  | 2,24  | 0,50                 | 2,21   | 2,16   | 3,48   | 3,37   | 2,14   | 2,33   | 3,74   | 4,29   | 3,96   | 4,78   | 0,37  |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,85  | 0,59  | 0,89                 | 1,52   | 0,52   | 1,09   | 0,26   | 0,38   | 0,80   | 0,24   | 0,69   | 0,49   | 0,54   | 0,39  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —     | 1,00  | 1,24                 | 0,22   | 0,12   | 0,32   | 0,11   | 0,24   | 0,16   | 0,13   | 0,10   | 0,04   | 0,08   | 0,02  |
| Sonstige Bestandteile                    | —     | 0,00  | CO <sub>2</sub> 0,58 | S 0,06 | S 0,03 | S 0,03 | S 0,03 | S 0,04 | S 0,06 | S 0,06 | S 0,04 | S 0,03 | S 0,04 | 0,06  |
| Sa. . . . .                              | 99,99 | 99,74 | 100,42               | 100,04 | 99,80  | 100,03 | 99,89  | 99,62  | 100,76 | 99,82  | 99,77  | 100,41 | 100,03 | 99,33 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —     | —     | —                    | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 49,09 | 60,03 | 50,71 | 70,68 | 69,87 | 71,02 | 69,60 | 62,32 | 61,27 | 65,75 | 62,82 | 58,26 | 58,62 | 52,07 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 2,08  | 2,07  | 0,85  | 0,54  | 0,54  | 0,68  | 0,60  | 1,01  | 1,07  | 0,95  | 1,03  | 1,22  | 1,31  | 2,74  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,96  | 0,14  | 0,26  | 0,13  | 0,13  | 0,14  | 0,13  | 0,20  | 0,20  | 0,14  | 0,20  | 0,27  | 0,27  | 0,13  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 9,56  | 10,51 | 10,79 | 11,65 | 11,88 | 11,07 | 11,65 | 12,00 | 12,73 | 13,12 | 13,70 | 12,92 | 14,23 | 9,42  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,78  | 2,35  | 5,86  | 1,15  | 1,07  | 1,15  | 1,14  | 1,62  | 1,41  | 1,44  | 0,89  | 1,56  | 1,24  | 0,19  |
| FeO . . . . .                            | 8,39  | 6,78  | 3,76  | 1,42  | 1,88  | 1,28  | 1,54  | 3,17  | 2,41  | 1,50  | 2,60  | 3,13  | 2,20  | 6,94  |
| MnO . . . . .                            | —     | 0,14  | 0,21  | 0,07  | 0,07  | 0,14  | 0,13  | 0,20  | 0,20  | 0,14  | 0,27  | 0,20  | 0,27  | 0,25  |
| MgO . . . . .                            | 13,46 | 3,87  | 10,03 | 2,37  | 2,28  | 2,09  | 2,28  | 5,39  | 5,09  | 2,05  | 2,81  | 4,35  | 4,05  | 12,22 |
| CaO . . . . .                            | 10,34 | 6,71  | 13,88 | 5,08  | 5,64  | 4,73  | 5,36  | 8,90  | 9,25  | 6,29  | 7,12  | 9,45  | 8,32  | 12,48 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,49  | 5,81  | 3,30  | 5,35  | 5,10  | 5,20  | 5,16  | 3,71  | 4,76  | 5,95  | 5,41  | 5,78  | 5,98  | 3,31  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,85  | 1,59  | 0,35  | 1,56  | 1,54  | 2,50  | 2,41  | 1,48  | 1,61  | 2,67  | 3,15  | 2,86  | 3,51  | 0,25  |



| N  | Gestein                           | Ort                                | Lagerung | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|-----------------------------------|------------------------------------|----------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 1  | Basalt<br>(Nephelin<br>führend?)  | Mt. Trumbull, Arizona              |          | 59,60 | 55,94 | -15,54 | 5,34 | 4,22 | 0,85             | 13,46 | 6,12 | 7,61 | 1,56 | Ekans      |
| 2  | Trachy-<br>dolerit<br>(Shoshonit) | Little Ash Creek,<br>Bradshaw Mts. |          | 71,64 | 28,78 | -0,42  | 7,40 | 3,11 | 1,59             | 3,87  | 3,60 | 4,57 | 4,70 | Steiger    |
| 3  | Basalt                            | Little Ash Creek,<br>Bradshaw Mts. |          | 57,76 | 43,37 | -1,13  | 3,65 | 7,14 | 0,35             | 10,03 | 6,74 | —    | 9,83 | "          |
| 4  | Dazit                             | Ortiz Mts., Albuquerque            |          | 74,24 | 8,40  | 17,36  | 6,91 | 4,74 | 1,56             | 2,37  | 0,34 | 0,34 | 2,30 | Adams      |
| 5  | Dazit                             | " "                                |          | 74,08 | 9,26  | 16,66  | 6,64 | 5,24 | 1,54             | 2,28  | 0,40 | 0,88 | 2,14 | "          |
| 6  | Dazit                             | " "                                |          | 75,08 | 9,74  | 15,18  | 7,70 | 3,37 | 2,50             | 2,09  | 1,36 | 0,27 | 2,30 | "          |
| 7  | Dazit                             | " "                                |          | 76,88 | 10,46 | 12,66  | 7,57 | 4,08 | 2,41             | 2,28  | 1,28 | 0,53 | 2,28 | "          |
| 8  | Diorit                            | " "                                |          | 68,76 | 21,70 | 9,54   | 5,19 | 6,81 | 1,48             | 5,39  | 2,09 | 1,75 | 3,24 | "          |
| 9  | Diorit                            | " "                                |          | 76,40 | 21,18 | 2,42   | 6,37 | 6,36 | 1,61             | 5,09  | 2,89 | 1,20 | 2,82 | "          |
| 10 | Diorit                            | " "                                |          | 86,96 | 10,96 | 2,08   | 8,62 | 4,50 | 2,67             | 2,05  | 1,79 | 0,20 | 2,88 | "          |
| 11 | (Diorit)<br>Monzonit              | " "                                |          | 89,04 | 15,32 | -4,36  | 8,56 | 5,14 | 3,15             | 2,81  | 1,98 | 1,98 | 1,78 | "          |
| 12 | Diorit-<br>essexit<br>(Laurvikit) | " "                                |          | 86,24 | 25,70 | -11,94 | 8,64 | 4,28 | 2,86             | 4,35  | 5,17 | 1,77 | 3,12 | "          |
| 13 | Diorit-<br>essexit<br>(Laurvikit) | " "                                |          | 94,88 | 20,20 | -15,08 | 9,49 | 4,74 | 3,51             | 4,05  | 3,58 | 1,23 | 2,48 | "          |
| 14 | (Andesit)<br>Basalt               | " "                                |          | 51,92 | 52,06 | -3,98  | 3,56 | 5,86 | 0,25             | 12,22 | 6,62 | 7,00 | 0,38 | "          |



## Neu-Mexiko II.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 15    | 16     | 17     | 18    | 19  | 20     | 21     | 22     | 23     | 24    | 25                               | 26  | 27     | 28   |
|--|-------|--------|--------|-------|---|--------|--------|--------|--------|-------|----------------------------------|---|--------|--|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 52,38 | 52,37  | 52,27  | 51,57 | 60,16   | 67,98  | 54,08  | 53,52  | 49,73  | 53,27 | 48,35                            | 42,55   | 40,72  | 56,24  |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 1,22  | 1,60   | 1,49   | 1,43  | 0,84  | 0,34   | 0,98   | 1,14   | 1,59   | 1,30  | 1,33                             | 1,82  | 0,99   | 0,26   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,56  | —      | —      | —     | 0,46  | 0,33   | 0,91   | 1,26   | 0,42   | 0,50  | 0,33                             | 0,99  | 1,75   | 0,06   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 18,79 | 17,01  | 17,68  | —     | 15,34   | 15,53  | 21,87  | 17,88  | 15,46  | 15,43 | 15,47                            | 12,29   | 15,03  | 21,43  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 2,88  | 1,44   | 2,51   | 6,24  | 3,07  | 2,68   | 5,22   | 4,21   | 3,32   | 2,43  | 4,80                             | 3,89  | 5,52   | 2,01   |
| FeO . . . .                            | 4,90  | 5,89   | 5,00   | 1,78  | 2,18  | 0,18   | 0,88   | 3,51   | 8,14   | 6,50  | 7,58                             | 7,05  | 6,86   | 0,55   |
| MnO . . . .                            | 0,18  | 0,32   | 0,23   | 0,45  | 0,08  | 0,04   | 0,09   | 0,11   | 0,13   | 0,12  | 0,21                             | 0,21  | 0,18   | 0,08   |
| MgO . . . .                            | 4,91  | 6,84   | 6,05   | 4,91  | 3,41  | 1,47   | 2,69   | 3,90   | 7,20   | 6,16  | 8,15                             | 13,09   | 8,29   | 0,15   |
| CaO . . . .                            | 7,70  | 7,59   | 8,39   | 8,82  | 5,79  | 3,39   | 5,53   | 7,36   | 9,63   | 8,18  | 8,31                             | 12,49   | 13,95  | 1,38   |
| SrO . . . .                            | —     | —      | —      | —     | 0,08  | —      | —      | —      | —      | —     | 0,03                             | 0,09  | —      | —  |
| BaO . . . .                            | 0,11  | 0,06   | 0,06   | 0,16  | 0,14  | —      | —      | —      | —      | —     | 0,06                             | 0,10  | —      | 0,08   |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 3,99  | 3,51   | 4,19   | 3,59  | 3,88  | 4,53   | 5,46   | 5,19   | 3,30   | 3,51  | 3,09                             | 2,74  | 4,01   | 10,53  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 1,76  | 1,59   | 1,58   | 1,99  | 2,69  | 3,00   | 2,88   | 2,39   | 0,87   | 1,71  | 0,95                             | 1,04  | 2,34   | 5,74   |
| H <sub>2</sub> O + . . . .             | 0,53  | 1,29   | 0,82   | 0,64  | 1,79  | 1,05   | —      | —      | 0,32   | 0,62  | 0,73                             | 1,50  | 0,32   | 0,86   |
| H <sub>2</sub> O — . . . .             | —     | —      | —      | —     | 0,25  | 0,11   | 0,16   | 0,15   | 0,16   | —     | 0,28                             | 0,32  | 0,12   | —  |
| CO <sub>2</sub> . . . .                | —     | 0,37   | Sp.    | 0,58  | —   | —      | —      | —      | —      | —     | —                                | —   | —      | —  |
| Sonstige Bestandteile                  | —     | Cl Sp. | Cl Sp. | —     | ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>SO <sub>3</sub> 0,08 | —      | —      | —      | —      | —     | NiO 0,02<br>SO <sub>3</sub> 0,07 | NiO 0,03<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,04<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,10 | —      | ZrO <sub>2</sub> 0,09<br>SO <sub>3</sub> 0,10<br>Cl 0,12<br>S 0,03 |
| Sa. . . . .                            | 99,91 | 99,88  | 100,27 | 99,88 | 100,15  | 100,63 | 100,75 | 100,62 | 100,27 | 99,73 | 99,76                            | 100,14  | 100,08 | 99,86  |
| Spez. Gew. .                           | —     | —      | —      | —     | 2,635   | —      | —      | —      | —      | —     | 2,970                            | 3,122   | —      | 2,619  |

## B. Molekularprocente.

|  | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 58,28 | 50,84 | 56,67 | 58,06 | 67,04 | 74,85 | 61,59 | 59,23 | 53,38 | 57,66 | 52,50 | 44,55 | 44,46 | 65,43 |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 1,00  | 1,30  | 1,24  | 1,21  | 0,74  | 0,26  | 0,82  | 0,72  | 1,29  | 1,04  | 0,98  | 1,46  | 0,79  | 0,21  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,26  | —     | —     | —     | 0,20  | 0,13  | 0,40  | 0,60  | 0,19  | 0,26  | 0,13  | 0,41  | 0,79  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 11,62 | 10,87 | 11,25 | 11,75 | 10,03 | 10,04 | 14,63 | 11,62 | 9,79  | 9,81  | 9,90  | 7,57  | 9,63  | 14,66 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 1,20  | 0,58  | 1,04  | 2,63  | 1,34  | 1,12  | 2,26  | 1,73  | 1,35  | 0,97  | 1,95  | 1,51  | 2,23  | 0,91  |
| FeO . . . .                            | 4,54  | 5,34  | 4,49  | 1,69  | 2,01  | 0,20  | 0,82  | 3,25  | 7,28  | 5,84  | 6,91  | 6,18  | 6,22  | 0,56  |
| MnO . . . .                            | 0,20  | 0,33  | 0,20  | 0,41  | 0,07  | —     | 0,07  | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,20  | 0,19  | 0,20  | 0,07  |
| MgO . . . .                            | 8,21  | 11,20 | 9,82  | 8,31  | 5,68  | 2,44  | 4,58  | 6,51  | 11,59 | 10,00 | 13,29 | 20,63 | 13,55 | 0,28  |
| CaO . . . .                            | 9,15  | 8,79  | 9,76  | 10,60 | 6,88  | 4,03  | 6,70  | 8,70  | 11,01 | 9,48  | 10,23 | 14,07 | 16,30 | 1,75  |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 4,27  | 3,65  | 4,42  | 3,92  | 4,21  | 4,82  | 6,01  | 5,78  | 3,41  | 3,64  | 3,26  | 2,71  | 4,26  | 11,87 |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 1,27  | 1,10  | 1,11  | 1,42  | 1,80  | 2,11  | 2,12  | 1,73  | 0,58  | 1,17  | 0,65  | 0,69  | 1,57  | 4,26  |



| N  | Gestein                    | Ort                       | Lage-<br>rung | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|----------------------------|---------------------------|---------------|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 15 | Basalt                     | Rio Grande Canyon         |               | 68,64  | 32,04 | -0,68  | 5,54  | 6,08  | 1,27             | 8,21  | 3,07  | 3,54 | 2,40 | Ekins      |
| 16 | Quarzbasalt                | " "                       |               | 62,48  | 39,08 | -1,56  | 4,75  | 6,12  | 1,10             | 11,20 | 2,67  | 5,09 | 1,16 | "          |
| 17 | Quarzbasalt                | " "                       |               | 67,12  | 37,10 | -4,22  | 5,53  | 5,72  | 1,11             | 9,82  | 4,04  | 3,65 | 2,08 | "          |
| 18 | Quarzbasalt                | " "                       |               | 68,36  | 29,73 | 1,91   | 5,34  | 6,41  | 1,42             | 8,31  | 4,19  | —    | 4,73 | "          |
| 19 | Andesit                    | Sierra Grande, Colfax Co. |               | 64,16  | 21,24 | 14,60  | 6,01  | 4,02  | 1,80             | 5,68  | 2,86  | 0,74 | 2,68 | Hillebrand |
| 20 | (Trachyt)<br>Dazit         | Johnsons Mesa, "          |               | 67,88  | 8,04  | 24,08  | 6,93  | 3,11  | 2,11             | 2,44  | 0,92  | —    | 1,32 | Fairchild  |
| 21 | (Andesit)                  | Johnsons Park. "          |               | 91,04  | 12,71 | -3,75  | 8,13  | 6,50  | 2,12             | 4,58  | 0,20  | —    | 3,15 | "          |
| 22 | (Andesit)<br>Trachyandesit | Johnsons Park, "          |               | 76,52  | 28,96 | -5,48  | 7,51  | 4,11  | 1,73             | 6,51  | 4,59  | 1,65 | 3,46 | "          |
| 23 | Basalt                     | Barella Mesa, "           |               | 55,12  | 48,42 | -3,54  | 3,99  | 5,80  | 0,58             | 11,59 | 5,21  | 6,06 | 2,70 | Steiger    |
| 24 | Basalt                     | Folsom, "                 |               | 58,48  | 40,90 | 0,62   | 4,81  | 5,00  | 1,17             | 10,00 | 4,48  | 5,00 | 1,94 | "          |
| 25 | Basalt                     | San Rafael Flow, "        |               | 55,24  | 49,28 | -4,52  | 3,91  | 5,99  | 0,65             | 13,29 | 4,24  | 5,16 | 3,90 | Hillebrand |
| 26 | Nephelin-<br>basanit       | Ciruela, "                |               | 43,88  | 74,00 | -17,88 | 3,40  | 4,17  | 0,69             | 20,63 | 9,90  | 4,86 | 3,02 | "          |
| 27 | Nephelinbasalt             | Yankee, "                 |               | 61,84  | 64,94 | -26,78 | 5,83  | 3,80  | 1,57             | 13,55 | 12,50 | 4,19 | 4,46 | Steiger    |
| 28 | Phonolith                  | Pleasant Valley, "        |               | 117,28 | 13,02 | -30,30 | 16,13 | -1,47 | 4,26             | 0,28  | 1,75  | 0,07 | —    | Hillebrand |

Literatur: 1. Washington, 1917, S. 609. — 2-3. Jaggard und Palache, U. S. Geol. Surv. 126, 1905. — 4-14. J. Ogilvie, Journ. Geol. 16, 1908. — 15-18. Iddings Am. Journ. 36, 1888, S. 220. — 19. W. Croß, U. S. Geol. Surv. Bull. 108, 1900, S. 171. — 20. Washington, 1917, S. 225. — 21. Ibidem, S. 302. — 22. Ibidem, S. 451. — 23-25. Ibidem, S. 609. 26. W. Croß, U. S. Geol. Surv. Bull. 168, S. 171. — 27. Mertie, U. S. Geol. Surv. Bull. 591, 1915, S. 151. — 28. W. Croß, U. S. Geol. Surv. Bull. 168, S. 171.



## Utah.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1      | 2      | 3   | 4                     | 5     | 6      | 7      | 8  |
|--------------------------------|--------|--------|---|-----------------------|-------|--------|--------|--|
| SiO <sub>2</sub>               | 70,17  | 73,17  | 69,18   | 64,83                 | 65,29 | 58,04  | 61,05  | 60,17  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,17   | —      | 0,69  | —                     | —     | —      | —      | 0,87   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —      | 0,07   | 0,26  | —                     | —     | 0,34   | 0,30   | 0,40   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,83  | 13,34  | 14,37   | 16,68                 | 11,57 | 18,96  | 16,03  | 15,78  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,93   | 1,35   | 2,52  | 3,74                  | 2,10  | 5,88   | 5,42   | 3,42   |
| FeO                            | —      | 0,76   | 0,57  | 1,22                  | 2,67  | 1,33   | 0,98   | 2,95   |
| MnO                            | —      | —      | 0,10  | —                     | —     | —      | —      | 0,11   |
| MgO                            | 0,06   | 0,81   | 0,70  | 0,79                  | 2,87  | 1,11   | 3,03   | 2,52   |
| CaO                            | 0,76   | 1,32   | 1,88  | 2,85                  | 4,85  | 6,12   | 5,40   | 4,69   |
| BaO                            | —      | 0,10   | 0,09  | 0,11                  | 0,17  | 0,04   | 0,08   | 0,14   |
| SrO                            | —      | —      | Sp.   | —                     | —     | —      | —      | 0,09   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,85   | 1,80   | 3,58  | 0,86                  | 2,10  | 2,26   | 1,43   | 2,96   |
| K <sub>2</sub> O               | 3,74   | 7,10   | 5,00  | 7,56                  | 5,18  | 4,08   | 5,58   | 4,16   |
| H <sub>2</sub> O +             | 8,72   | 0,54   | 0,25  | 0,92                  | 1,82  | 2,05   | 0,81   | 1,23   |
| H <sub>2</sub> O —             | —      | —      | 0,35  | —                     | 0,50  | —      | —      | 0,25   |
| Sonstige Bestandteile          | —      | —      | Cl, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , NiO<br>Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp. | ZrO <sub>2</sub> 0,35 | —     | —      | —      | Cl 0,04<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,01<br>Li <sub>2</sub> O Sp. |
| Sa.                            | 100,23 | 100,36 | 99,55   | 99,91                 | 99,34 | 100,21 | 100,11 | 99,79  |
| Spez. Gew.                     | 2,25   | —      | —   | —                     | —     | —      | —      | —  |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 82,93 | 80,36 | 77,38 | 74,51 | 72,45 | 67,85 | 68,78 | 68,00 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,14  | —     | 0,12  | —     | —     | —     | —     | 0,75  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —     | 0,54  | —     | 0,13  | 0,14  | 0,13  | 0,21  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8,22  | 8,63  | 9,46  | 11,30 | 7,52  | 13,04 | 10,61 | 10,44 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,43  | 0,53  | 1,01  | 1,59  | 0,87  | 2,59  | 2,30  | 1,42  |
| FeO                            | —     | 0,72  | 0,54  | 1,17  | 2,53  | 1,26  | 0,95  | 2,85  |
| MnO                            | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     | —     | 0,07  |
| MgO                            | 0,14  | 1,32  | 1,21  | 1,38  | 4,79  | 1,96  | 5,14  | 4,27  |
| CaO                            | 0,92  | 1,52  | 2,28  | 3,51  | 5,79  | 7,64  | 6,49  | 5,69  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,39  | 1,91  | 3,89  | 0,96  | 2,26  | 2,52  | 1,55  | 3,25  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,83  | 5,01  | 3,55  | 5,58  | 3,66  | 3,02  | 4,05  | 3,05  |



| N | Gestein             | Ort                                    | Lagerung | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|---|---------------------|--|----------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|------|------|------|------------|
| 1 | Rhyolithisches Glas | Bei Marysvale                          |          | 61,52 | 0,71  | 37,77 | 7,22 | 0,92 | 2,83             | 0,14 | —    | —    | 0,43 | Hillebrand |
| 2 | (Trachyt) Rhyolith  | Antelope Hills,<br>Iron-Springs-Distr. |          | 61,63 | 4,08  | 34,29 | 6,92 | 1,52 | 5,01             | 1,32 | —    | 0,19 | 1,06 | R. D. Hall |
| 3 | Rhyolith            | Pinyon Creek, Tintic-Distr.            |          | 67,60 | 4,56  | 27,84 | 7,44 | 2,02 | 3,55             | 1,21 | 0,14 | —    | 3,85 | Stokes     |
| 4 | Trachyt (Rhyolith)  | Antelope Hills,<br>Iron-Springs-Distr. |          | 67,61 | 5,52  | 26,87 | 6,54 | 3,51 | 5,58             | 1,38 | —    | —    | 2,76 | R. D. Hall |
| 5 | Andesit             | Granit Mts.,<br>Iron-Springs-Distr.    |          | 53,76 | 23,02 | 23,22 | 5,92 | 1,60 | 3,66             | 4,79 | 4,19 | 1,66 | 1,74 | R. D. Hall |
| 6 | Andesit             | Stoddard Mts.,<br>Iron Springs-Distr.  |          | 74,32 | 8,05  | 17,63 | 5,54 | 7,50 | 3,02             | 1,96 | 0,14 | —    | 3,85 | R. D. Hall |
| 7 | Dazit               | Swett Hill,<br>Iron Springs-Distr.     |          | 64,84 | 17,84 | 17,32 | 5,60 | 5,01 | 4,05             | 5,14 | 1,48 | 1,35 | 1,90 | R. D. Hall |
| 8 | Andesit             | Tintic Mts., Tintic-Distr.             |          | 66,96 | 17,48 | 15,56 | 6,30 | 4,14 | 3,05             | 4,27 | 1,55 | 1,50 | 2,84 | Stokes     |

Literatur: I. W. Cross, U. S. Surv. B. 168, 1900, S. 168. — 2, 4—7. Leith  
und Harder, U. S. Geol. Surv. B. 338, 1908. — 3, 8. Tower und  
Smith, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 19, III, 1899, S. 634, 641.



## Columbia-Lavaplateau.

## A. Gewichtsprozent.

|  | 1                                 | 2      | 3      | 4      | 5                                 | 6                  | 7                    | 8      | 9                    | 10      | 11  | 12   |
|--|-----------------------------------|--------|--------|--------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|--------|----------------------|---------|---|--|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 76,17                             | 68,22  | 75,40  | 66,64  | 62,77                             | 50,36              | 50,85                | 51,08  | 59,61                | 57,49   | 48,47   | 51,14  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,20                              | 0,34   | 0,04   | 0,18   | 0,79                              | 1,33               | —                    | —      | 0,65                 | 1,12    | 1,51  | 2,41   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,04                              | 0,11   | 0,09   | 0,12   | 0,22                              | 0,21               | 0,76                 | 0,04   | 0,14                 | 0,28    | 0,44  | 1,59   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,32                             | 12,41  | 13,56  | 13,93  | 14,96                             | 15,83              | 12,54                | 15,55  | 15,98                | 17,22   | 16,07   | 13,95  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,47                              | 1,00   | 0,21   | 0,95   | 1,62                              | 2,29               | 10,03                | 7,71   | 1,12                 | 4,34    | 4,12  | 2,15   |
| FeO . . . . .                            | 0,20                              | 1,36   | 0,61   | 1,46   | 4,36                              | 8,11               | 7,11                 | 8,55   | 5,42                 | 3,01    | 7,47  | 12,97  |
| MnO . . . . .                            | —                                 | —      | Sp.    | —      | 0,10                              | 0,24               | —                    | —      | 0,21                 | 0,22    | 0,23  | 0,44   |
| MgO . . . . .                            | —                                 | 0,18   | 0,07   | 1,14   | 1,48                              | 7,90               | 5,57                 | 4,48   | 5,04                 | 3,38    | 5,96  | 2,21   |
| CaO . . . . .                            | 0,17                              | 0,95   | 0,38   | 2,61   | 3,90                              | 9,25               | 9,33                 | 9,00   | 5,54                 | 6,48    | 4,84  | 6,56   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,94                              | 3,38   | 4,64   | 5,66   | 4,31                              | 3,05               | 2,37                 | 3,29   | 3,68                 | 3,90    | 2,43  | 3,69   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,27                              | 3,97   | 4,40   | 2,64   | 2,13                              | 0,86               | 1,13                 | 0,53   | 1,10                 | 1,30    | 1,41  | 2,38   |
| Sonstige Bestandteile                    | ZrO <sub>2</sub> 0,03<br>BaO 0,10 | —      | —      | —      | ZrO <sub>2</sub> 0,03<br>BaO 0,10 | BaO } Sp.<br>SrO } | SO <sub>3</sub> 0,05 | —      | BaO 0,05<br>NiO 0,04 | BaO Sp. | FeS <sub>2</sub> 0,24<br>BaO 0,03<br>NiO } Sp.<br>SrO }<br>Cu } | ZrO <sub>2</sub> 0,12<br>F 0,10<br>FeS <sub>2</sub> 0,15<br>BaO 0,25 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,79                              | 4,82   | 0,94   | 3,81   | 2,49                              | 0,27               | 0,34                 | —      | 1,14                 | 1,37    | 4,63  | 0,22   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,23                              | 3,42   | 0,44   | 1,19   | 0,51                              | 0,06               | —                    | —      | 0,20                 | 0,62    | 2,30  | 0,12   |
| Sa. . . . .                              | 99,93                             | 100,16 | 100,48 | 100,33 | 99,77                             | 99,76              | 100,08               | 100,23 | 99,92                | 100,73  | 100,15  | 100,30   |
| Spez.Gew. . . . .                        | —                                 | —      | —      | —      | —                                 | —                  | —                    | —      | —                    | —       | —   | 2,907  |
| B. Molekularprozent.                     |                                   |        |        |        |                                   |                    |                      |        |                      |         |   |  |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 83,60                             | 80,01  | 82,16  | 76,10  | 70,92                             | 53,82              | 56,80                | 60,75  | 64,48                | 64,21   | 63,32   | 57,41  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,20                              | 0,28   | —      | 0,21   | 0,68                              | 1,09               | 0,34                 | —      | 0,52                 | 0,94    | 1,45  | 2,02   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —                                 | 0,06   | —      | —      | 0,12                              | 0,13               | —                    | —      | 0,06                 | 0,13    | 0,25  | 0,74   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 7,97                              | 8,59   | 8,69   | 9,32   | 9,97                              | 9,94               | 8,24                 | 10,92  | 10,18                | 11,33   | 12,38   | 9,23   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,59                              | 0,42   | 0,07   | 0,41   | 0,68                              | 0,90               | 4,15                 | 3,43   | 0,45                 | 1,81    | 2,04  | 0,88   |
| FeO . . . . .                            | 0,20                              | 2,32   | 0,52   | 1,37   | 4,14                              | 7,25               | 6,63                 | 7,49   | 4,86                 | 2,82    | 8,15  | 12,20  |
| MnO . . . . .                            | —                                 | —      | —      | —      | 0,06                              | 0,19               | —                    | 0,21   | 0,19                 | 0,20    | 0,25  | 0,40   |
| MgO . . . . .                            | —                                 | 0,36   | 0,13   | 1,99   | 2,51                              | 12,38              | 9,31                 | 1,57   | 8,17                 | 5,63    | 1,18  | 3,71   |
| CaO . . . . .                            | 0,20                              | 1,20   | 0,46   | 3,15   | 4,75                              | 10,58              | 11,12                | 11,49  | 6,42                 | 7,77    | 6,74  | 7,88   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,21                              | 3,80   | 4,90   | 6,23   | 4,68                              | 3,14               | 2,61                 | 3,78   | 3,89                 | 4,22    | 3,06  | 3,91   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,03                              | 2,96   | 3,07   | 1,16   | 1,49                              | 0,58               | 0,80                 | 0,36   | 0,78                 | 0,94    | 0,18  | 1,62   |



| N  | Gestein          | Ort  | Lagerung | L     | M     | Q     | A    | C    | Or    | Ab    | An    | K <sup>a</sup> <sub>F</sub> | MgO   | CaO  | O <sub>2</sub> <sub>F</sub> | Mt    | Analytiker          |                       |
|----|------------------|--|----------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|------|-----------------------------|-------|---------------------|-----------------------|
| 1  | Rhyolith         | Easton, Snoqualmi<br>Quadrangle                  |          | 59,25 | 0,79  | 39,96 | 7,24 | 0,20 | 41,28 | 57,36 | 1,36  | 3,03                        | —     | —    | 0,53                        | 0,79  | G. Steiger          |                       |
| 2  | Rhyolithuff      | Belshaw's ranch, John Day<br>Basin               |          | 59,52 | 5,36  | 35,12 | 6,76 | 1,20 | 40,22 | 51,63 | 8,15  | 2,96                        | 0,36  | 0,63 | 1,90                        | 0,84  | F. C. Chalkins      |                       |
| 3  | Rhyolith         | Antelope Valley, John Day<br>Basin               |          | 65,86 | 1,30  | 32,84 | 7,97 | 0,46 | 37,44 | 59,76 | 2,80  | 3,07                        | 0,13  | 0,26 | 0,45                        | 0,14  | "                   |                       |
| 4  | Andesitasche     | John Day Basin                                   |          | 66,84 | 9,28  | 23,88 | 7,39 | 1,93 | 14,13 | 75,88 | 9,99  | 1,16                        | 1,99  | 1,22 | 0,96                        | 0,82  | "                   |                       |
| 5  | Andesit          | Naches Valley, Snoqualmi<br>Quadrangle           |          | 64,56 | 15,32 | 20,12 | 6,17 | 3,80 | 18,46 | 57,99 | 23,55 | 1,49                        | 2,51  | 0,95 | 3,52                        | 1,36  | G. Steiger          |                       |
| 6  | Basalt           | Naches Pass, Snoqualmi<br>Quadr., Columbia River |          | 54,64 | 48,36 | 3,00  | 3,72 | 6,22 | 8,49  | 45,97 | 45,54 | 0,58                        | 12,38 | 4,36 | 6,54                        | 1,80  | "                   |                       |
| 7  | Augitandesit     | Rockland Ridge<br>b. The Dalles                  |          | 46,60 | 44,46 | 8,94  | 3,41 | 4,83 | 13,72 | 44,77 | 41,51 | 0,80                        | 9,31  | 6,29 | 2,48                        | 8,30  | E. A. Schneider     |                       |
| 8  | Basalt (Andesit) | The Dalles, Columbia River                       |          | 60,24 | 27,96 | 11,80 | 4,14 | 6,78 | 4,78  | 50,20 | 45,02 | 0,36                        | 1,57  | 4,71 | 4,27                        | 6,86  | W. H. Muth-<br>mann |                       |
| 9  | Quarzbasalt      | Cherry Creek, John Day<br>Basin                  |          | 59,40 | 28,26 | 12,34 | 4,67 | 5,51 | 10,50 | 52,36 | 37,14 | 0,78                        | 8,17  | 0,98 | 4,60                        | 0,90  | F. C. Chalkins      |                       |
| 10 | Andesit          | Halds Canyon, John Day<br>Basin                  |          | 65,96 | 20,50 | 13,54 | 5,16 | 6,17 | 11,41 | 51,21 | 37,38 | 0,94                        | 5,63  | 1,60 | 1,21                        | 3,62  | "                   |                       |
| 11 | Basalt (Andesit) | Black Jack Mine,<br>Silver City Idaho            |          | 62,28 | 19,16 | 18,56 | 4,24 | 6,74 | 15,51 | 40,21 | 44,28 | 1,18                        | 1,18  | —    | 1,40                        | 6,36  | 4,08                | W. F. Hille-<br>brand |
| 12 | Basalt           | Cinder Butte Snake River<br>Plaine Idaho         |          | 59,04 | 40,98 | —     | 0,02 | 5,53 | 3,70  | 21,95 | 52,98 | 25,07                       | 1,62  | 3,71 | 4,18                        | 11,72 | 1,76                | "                     |

Literatur: 1, 5, 6. Smith und Chalkins, U. S. Geol. Surv. 139, 1906, S. 5, 8. — 2—4, 9, 10. F. C. Chalkins, Bull. Un. Cal. Dep. Geol. III, 1902, S. 127, 136, 156, 167, 169. — 7. E. A. Schneider, Am. Journ. Sc. XXXVI, 1888, S. 237. — 8. K. Oebbecke, N. Jahrb. f. M. 1885, I, S. 226. — 11. W. Lindgren, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 20, III, 1900, S. 176. — J. C. Russell, U. S. Geol. Surv. Bull. 199, 1902, S. 87.



## Colorado I., Rosita Hills.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2     | 3      | 4      | 5     | 6      | 7     | 8               | 9                   | 10     | 11    | 12    | 13    | 14    | 15              | 16     |
|--|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-----------------|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-----------------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 76,39  | 73,11 | 65,67  | 75,20  | 71,56 | 70,87  | 67,49 | 66,46           | 66,03               | 50,47  | 46,03 | 53,80 | 57,01 | 58,94 | 63,49           | 65,41  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | Sp.    | —     | —      | —      | —     | Sp.    | —     | —               | —                   | 0,51   | —     | 0,43  | 0,27  | 0,27  | Sp.             | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | Sp.    | —     | Sp.    | —      | —     | Sp.    | Sp.   | —               | 0,04                | 0,10   | 0,17  | 0,56  | 0,42  | 0,23  | Sp.             | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 13,65  | 13,16 | 13,48  | 12,96  | 13,10 | 15,18  | 17,76 | 17,91           | 18,49               | 18,73  | 9,27  | 20,13 | 18,41 | 17,19 | 18,40           | Sp.    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,38   | 0,62  | —      | 0,37   | 0,66  | 2,18   | 2,54  | 2,42            | 2,18                | 4,19   | 2,72  | 3,37  | 3,69  | 2,65  | 2,44            | 0,91   |
| FeO . . . . .                            | 0,18   | 0,23  | 1,51   | 0,27   | 0,28  | 0,12   | 0,08  | 0,35            | 0,22                | 4,92   | 9,94  | 2,63  | 2,36  | 1,98  | 1,09            | 0,72   |
| MnO . . . . .                            | 0,14   | 0,14  | Sp.    | 0,03   | 0,16  | Sp.    | Sp.   | Sp.             | Sp.                 | 0,11   | 0,40  | 0,29  | 0,21  | 1,01  | 0,16            | Sp.    |
| MgO . . . . .                            | 0,15   | 0,19  | 0,31   | 0,12   | 0,14  | 0,60   | 0,35  | 0,49            | 0,39                | 3,48   | 25,04 | 2,26  | 2,34  | 1,52  | 0,66            | 0,16   |
| CaO . . . . .                            | 0,51   | 0,54  | 2,41   | 0,29   | 0,74  | 1,58   | 1,67  | 2,89            | 0,96                | 8,82   | 3,53  | 5,60  | 4,29  | 4,45  | 2,30            | 1,58   |
| SrO . . . . .                            | —      | —     | 0,28   | —      | —     | —      | —     | —               | —                   | —      | —     | —     | —     | —     | —               | —      |
| BaO . . . . .                            | —      | —     | 0,32   | —      | —     | —      | —     | —               | —                   | —      | —     | —     | —     | —     | —               | —      |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 1,84   | 2,85  | 1,52   | 2,02   | 3,77  | 3,47   | 5,03  | 4,79            | 5,22                | 4,62   | 1,48  | 5,20  | 4,95  | 4,20  | 5,70            | 5,91   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 6,81   | 5,10  | 2,42   | 8,38   | 4,06  | 5,04   | 4,40  | 3,74            | 5,86                | 3,56   | 0,87  | 4,49  | 3,72  | 3,90  | 4,62            | 5,41   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,13   | 4,05  | 12,27  | 0,58   | 5,52  | 1,08   | 0,52  | 1,01            | 0,85                | 0,58   | —     | 0,90  | 2,29  | 4,53  | 1,04            | 1,38   |
| H <sub>2</sub> O . . . . .               | —      | —     | —      | —      | —     | —      | —     | CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> Sp. | —      | —     | —     | —     | —     | CO <sub>2</sub> | —      |
| Sonstige Bestandteile                    | —      | —     | —      | —      | —     | —      | —     | Sp.             | Cl Sp.              | —      | —     | —     | —     | —     | Sp.             | —      |
| Sa. . . . .                              | 100,18 | 99,99 | 100,19 | 100,22 | 99,99 | 100,12 | 99,84 | 100,06          | 100,24              | 100,09 | 99,45 | 99,86 | 99,96 | 99,94 | 99,90           | 100,26 |
| Spez. Gew. . .                           | 2,560  | —     | —      | —      | —     | 2,470  | —     | 2,574           | 2,592               | 2,870  | —     | 2,768 | 2,699 | 2,651 | 2,690           | 2,621  |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 83,09 | 82,76 | 81,96 | 82,72 | 82,22 | 78,75 | 75,96 | 74,76 | 74,75 | 56,67 | 44,02 | 61,55 | 65,39 | 68,71 | 71,98 | 73,85 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,40  | 0,06  | 0,35  | 0,21  | 0,21  | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | 0,06  | 0,28  | 0,21  | 0,14  | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,86  | 8,76  | 9,88  | 8,38  | 8,82  | 9,93  | 11,75 | 11,81 | 12,29 | 12,40 | 5,22  | 13,60 | 12,46 | 11,81 | 12,30 | 12,53 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,13  | 0,27  | 0,67  | 0,13  | 0,28  | 0,93  | 1,01  | 1,01  | 0,95  | 1,75  | 0,98  | 1,52  | 1,59  | 1,20  | 1,03  | 0,41  |
| FeO + MnO                                | 0,33  | 0,34  | —     | 0,26  | 0,41  | 0,13  | 0,07  | 0,34  | 0,20  | 4,72  | 8,32  | 2,83  | 2,49  | 2,04  | 1,16  | 0,68  |
| MgO . . . . .                            | 0,26  | 0,34  | 0,60  | 0,20  | 0,28  | 1,00  | 0,61  | 0,81  | 0,68  | 5,86  | 35,94 | 3,86  | 4,01  | 2,67  | 1,09  | 0,27  |
| CaO . . . . .                            | 0,59  | 0,68  | 3,22  | 0,33  | 0,83  | 1,93  | 2,03  | 3,44  | 1,15  | 10,58 | 3,56  | 6,90  | 5,33  | 5,56  | 2,80  | 1,91  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 1,98  | 3,12  | 1,80  | 2,11  | 4,20  | 3,73  | 5,40  | 5,20  | 5,70  | 4,99  | 1,38  | 5,80  | 5,54  | 4,78  | 6,29  | 6,47  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,76  | 3,73  | 1,87  | 5,87  | 2,96  | 3,60  | 3,17  | 2,63  | 4,28  | 2,56  | 0,52  | 3,31  | 2,77  | 2,88  | 3,35  | 3,88  |



| Nr. | Gestein                          | Ort                             | Lagerung | L     | M     | Q     | A     | C    | O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | MgO  | CaO   | O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | Mt   | Analytiker |        |
|-----|----------------------------------|---------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------------------------------|------|-------|-------------------------------|------|------------|--------|
| 1   | Rhyolith                         | Silver Cliff, Custer Co.        |          | 57,81 | 1,18  | 41,01 | 6,74  | 0,59 | 4,76                          | 0,26 | —     | 1,53                          | 0,20 | 0,26       | Eakins |
| 2   | Pechstein                        | Rosita                          |          | 58,75 | 1,36  | 39,89 | 6,85  | 0,68 | 3,73                          | 0,34 | —     | 1,23                          | 0,07 | 0,54       | "      |
| 3   | Pechstein                        | Silver Cliff, Custer Co.        |          | 45,23 | 1,87  | 52,90 | 3,67  | 3,22 | 1,87                          | 0,60 | —     | 2,99                          | —    | 0,67       | "      |
| 4   | Rhyolith                         | Round Mt.                       |          | 65,23 | 0,92  | 33,85 | 7,98  | 0,33 | 5,87                          | 0,20 | —     | 0,07                          | 0,13 | 0,26       | "      |
| 5   | Pechstein                        | Fleetwood Tunnel, Silver Cliff  |          | 61,43 | 1,38  | 37,19 | 7,16  | 0,83 | 2,96                          | 0,28 | —     | 0,83                          | 0,13 | 0,56       | "      |
| 6   | Rhyolith                         | Pennsylvania Hill, Rosita Hills |          | 67,03 | 3,06  | 29,91 | 7,33  | 1,93 | 3,60                          | 1,00 | —     | 0,67                          | —    | 1,06       | "      |
| 7   | Dazit, Glimmerdazit              | Rosita Hill                     |          | 77,83 | 2,30  | 19,87 | 8,57  | 2,03 | 3,17                          | 0,61 | —     | 1,15                          | —    | 1,08       | "      |
| 8   | Dazit                            | Bald Mt., Rosita                |          | 76,94 | 2,97  | 20,09 | 7,83  | 3,44 | 2,63                          | 0,81 | —     | 0,54                          | —    | 1,35       | "      |
| 9   | Trachyt, Strom                   | Game Ridge, Rosita Hills        |          | 85,60 | 2,51  | 11,89 | 9,98  | 1,15 | 4,28                          | 0,68 | —     | 1,16                          | —    | 1,15       | "      |
| 10  | Augitdiorit                      | Mount Fairview, Rosita Hills    |          | 79,80 | 32,62 | —     | 12,42 | 7,55 | 4,85                          | 2,56 | 5,86  | 5,73                          | 2,97 | 3,50       | "      |
| 11  | Peridotit                        | Cottonwood Gulch, Silver Cliff  |          | 28,48 | 89,00 | —     | 17,48 | 1,90 | 3,32                          | 0,52 | 35,94 | 0,24                          | 7,34 | 1,96       | "      |
| 12  | Augitdiorit<br>Or führend        | Mt. Fairview                    |          | 90,84 | 18,20 | —     | 9,04  | 9,11 | 4,49                          | 3,31 | 3,86  | 2,41                          | 1,31 | 3,04       | "      |
| 13  | Bunkeraundesit<br>(Aug, Ho, Bio) | Loukout Mt.                     |          | 83,08 | 15,36 | 1,56  | 8,31  | 4,15 | 2,77                          | 4,01 | 1,18  | 0,90                          | 3,18 | —          | "      |
| 14  | Pringle-Andesit                  | Pringle Mt.                     |          | 77,88 | 12,24 | 9,88  | 7,66  | 4,15 | 2,88                          | 2,67 | 1,41  | 0,84                          | 2,40 | —          | "      |
| 15  | Pringle-Andesit, Gang            | Pringle Mt.                     |          | 87,76 | 4,78  | 7,46  | 9,84  | 2,66 | 3,35                          | 1,09 | 0,14  | 0,13                          | 2,06 | —          | "      |
| 16  | Trachyt, Gang                    | Game Ridge                      |          | 90,71 | 1,90  | 7,39  | 10,35 | 1,91 | 3,88                          | 0,27 | 0,27  | 0,27                          | 0,27 | 0,82       | "      |

Literatur: 1—16. W. Cross, Geology of Silver Cliff and the Rosita Hills,  
Colorado U. S. Geol. Surv. 17, Ann. Rep. 1895—1896, S. 324.



Colorado II., Pikes Peak, Denver, Cripple Creek.  
A. Gewichtsprocente.

|  | 1                     | 2                     | 3                     | 4   | 5                     | 6      | 7     | 8      | 9       | 10      | 11   | 12                              | 13   | 14     |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------|--------|-------|--------|---------|---------|--|---------------------------------|--|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 69,52                 | 66,12                 | 62,64                 | 57,48   | 52,97                 | 48,76  | 59,29 | 59,26  | 52,59   | 49,69   | 62,79  | 56,01                           | 58,05  | 51,89  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,23                  | 0,29                  | 0,59                  | 1,00  | 1,04                  | 1,65   | —     | —      | 0,84    | 0,85    | 0,71   | 1,20                            | 0,91   | 1,34   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,14                  | 0,11                  | 0,25                  | 0,66  | 0,81                  | 0,60   | 0,23  | —      | 0,14    | 0,81    | 0,12   | 0,55                            | 0,40   | 0,67   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,44                 | 17,21                 | 17,82                 | 18,04   | 18,31                 | 15,89  | 21,27 | 23,63  | 17,91   | 18,05   | 19,10  | 17,92                           | 17,66  | 17,94  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,90                  | 2,43                  | 3,91                  | 5,73  | 1,86                  | 6,04   | 3,33  | 0,30   | 3,81    | 2,64    | 2,29   | 4,22                            | 3,51   | 3,85   |
| FeO . . . . .                            | 0,09                  | Sp.                   | 0,31                  | 0,73  | 6,73                  | 4,56   | 1,04  | 0,57   | 5,18    | 6,19    | 0,36   | 2,52                            | 1,65   | 3,37   |
| MnO . . . . .                            | 0,08                  | 0,08                  | 0,04                  | 0,20  | 0,09                  | 0,13   | 0,21  | —      | Sp.     | 0,13    | 0,57   | 0,13                            | 0,13   | 0,08   |
| MgO . . . . .                            | 0,17                  | 0,35                  | 0,47                  | 1,17  | 3,04                  | 5,98   | 1,12  | 0,31   | 4,11    | 5,73    | 0,40   | 2,04                            | 1,55   | 2,88   |
| CaO . . . . .                            | 1,70                  | 2,11                  | 3,22                  | 5,03  | 6,51                  | 8,15   | 5,25  | 5,93   | 7,24    | 8,24    | 0,87   | 4,80                            | 4,48   | 5,62   |
| StrO . . . . .                           | 0,04                  | 0,05                  | 0,07                  | 0,12  | 0,14                  | 0,06   | —     | —      | —       | —       | 0,03   | 0,06                            | 0,08   | 0,11   |
| BaO . . . . .                            | 0,19                  | 0,25                  | 0,28                  | —   | 0,18                  | 0,17   | —     | —      | —       | —       | 0,14   | 0,16                            | 0,19   | 0,19   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,54                  | 4,70                  | 4,47                  | 4,28  | 3,74                  | 3,43   | 3,39  | 4,94   | 2,94    | 2,99    | 6,23   | 4,92                            | 5,80   | 4,63   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 5,04                  | 5,57                  | 4,99                  | 4,15  | 3,35                  | 2,93   | 3,00  | 4,78   | 3,83    | 3,90    | 5,58   | 4,21                            | 4,06   | 4,50   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,27                  | 0,71                  | 0,65                  | 0,55  | 0,31                  | 1,48   | 1,63  | 0,74   | 1,24    | 0,91    | 0,84   | 1,10                            | 0,87   | 2,09   |
| H <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,33                  | 0,14                  | 0,58                  | 0,62  | 0,44                  | 0,40   | —     | —      | —       | —       | 0,25   | 0,31                            | 0,35   | 0,72   |
| CO <sub>2</sub> . . . . .                | 0,17                  | —                     | —                     | —   | —                     | —      | —     | —      | —       | —       | —  | —                               | —  | —      |
| Sonstige Bestandteile                    | ZrO <sub>2</sub> 0,05 | ZrO <sub>2</sub> 0,06 | ZrO <sub>2</sub> 0,08 | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,02<br>ZrO <sub>2</sub> 0,04<br>SO <sub>3</sub> 0,16 | ZrO <sub>2</sub> 0,05 | —      | —     | —      | Cl 0,04 | Cl 0,13 | FeS <sub>2</sub> 0,10<br>ZrO <sub>2</sub> 0,02 | ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>S 0,02 | Cl Sp.<br>ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>SO <sub>3</sub> 0,04<br>FeS <sub>2</sub> 0,41 | —      |
| Sa. . . . .                              | 99,90                 | 100,18                | 100,37                | 99,98   | 99,57                 | 100,23 | 99,76 | 100,46 | 99,88   | 100,26  | 100,40   | 100,19                          | 99,75  | 100,32 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —                     | —                     | —                     | —   | —                     | —      | 2,596 | 2,625  | 2,83    | —       | —  | —                               | —  | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 77,98 | 74,70 | 71,95 | 67,14 | 59,91 | 55,05 | 68,41 | 67,13 | 59,31 | 54,90 | 72,20 | 64,27 | 66,39 | 60,52 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,20  | 0,27  | 0,48  | 0,84  | 0,88  | 1,42  | —     | —     | 0,74  | 0,73  | 0,62  | 1,03  | 0,75  | 1,19  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,07  | 0,07  | 0,14  | 0,35  | 0,41  | 0,27  | 0,14  | —     | 0,07  | 0,40  | 0,07  | 0,28  | 0,20  | 0,35  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,07 | 11,46 | 12,06 | 12,33 | 12,14 | 10,51 | 14,40 | 15,69 | 11,87 | 11,79 | 12,90 | 12,11 | 11,87 | 12,32 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,80  | 1,02  | 1,65  | 2,45  | 0,81  | 2,51  | 1,39  | 0,14  | 1,62  | 1,07  | 0,97  | 1,79  | 1,51  | 1,68  |
| FeO . . . . .                            | 0,07  | —     | 0,28  | 0,70  | 6,31  | 4,27  | 0,97  | 0,54  | 4,87  | 5,73  | 0,34  | 2,41  | 1,58  | 3,29  |
| MnO . . . . .                            | 0,07  | 0,07  | —     | —     | 0,07  | 0,14  | 0,21  | —     | —     | 0,13  | 0,07  | 0,14  | 0,14  | 0,07  |
| MgO . . . . .                            | 0,27  | 0,61  | 0,83  | 2,03  | 5,16  | 10,17 | 1,94  | 0,54  | 6,96  | 9,53  | 0,69  | 3,51  | 2,67  | 5,04  |
| CaO . . . . .                            | 2,00  | 2,58  | 3,93  | 6,24  | 7,87  | 9,83  | 6,51  | 7,13  | 8,72  | 9,79  | 1,10  | 5,92  | 5,49  | 7,00  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,87  | 5,15  | 5,03  | 4,84  | 4,07  | 3,73  | 3,81  | 5,37  | 3,18  | 3,20  | 6,90  | 6,44  | 6,45  | 5,18  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,60  | 4,07  | 3,65  | 3,08  | 2,37  | 2,10  | 2,22  | 3,46  | 2,70  | 2,73  | 4,14  | 3,10  | 2,95  | 3,86  |



| Nr. | Gestein                      | Ort                          | Lagerung | L     | M     | Q     | A     | C    | K <sup>+</sup> | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|------------------------------|------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|----------------|------|-------|------|------|------------|
| 1   | Rhyolith                     | Robbins Ranch, Pikes Peak    |          | 74,16 | 2,28  | 23,56 | 8,47  | 1,60 | 3,60           | 0,27 | 0,40  | —    | 0,94 | Hillebrand |
| 2   | Trachyt                      | Wicher Mt., Pikes Peak       |          | 82,72 | 2,99  | 14,29 | 9,22  | 2,24 | 4,07           | 0,61 | 0,34  | —    | 1,09 | "          |
| 3   | (Andesit) Trachyt (Latit)    | Bar Hills, Pikes Peak        |          | 82,96 | 4,69  | 12,35 | 8,68  | 3,38 | 3,65           | 0,88 | 0,55  | —    | 1,93 | "          |
| 4   | Pyroxenlatit                 | Wicher Mt., Pikes Peak       |          | 81,00 | 10,87 | 8,13  | 7,92  | 4,41 | 3,08           | 2,03 | 1,83  | —    | 3,15 | "          |
| 5   | (Basalt) Vulsinit            | Saddle Mt., Pikes Peak       |          | 74,32 | 27,42 | —     | 1,74  | 6,44 | 5,70           | 2,37 | 5,16  | 2,17 | 5,57 | 1,62       |
| 6   | Basalt                       | Saddle Mt., Pikes Peak       |          | 65,36 | 39,46 | —     | 4,82  | 5,83 | 4,68           | 2,10 | 10,17 | 5,15 | 1,90 | 5,02       |
| 7   | Andesit                      | Table Mt. bei Denver         |          | 76,14 | 6,45  | 17,41 | 6,03  | 6,51 | 2,22           | 1,94 | —     | —    | 2,57 | Eakins     |
| 8   | (Angitandesit)<br>Augitlatit | Table Mt. bei Denver         |          | 98,08 | 2,70  | —     | 0,78  | 8,83 | 6,86           | 3,46 | 0,54  | 0,27 | 0,40 | 0,28       |
| 9   | (Basalt) Vulsinit            | Table Mt. bei Denver         |          | 70,84 | 29,20 | —     | 0,04  | 5,88 | 5,95           | 2,70 | 6,96  | 2,77 | 3,25 | 3,24       |
| 10  | Basalt                       | Table Mt. bei Denver         |          | 70,88 | 38,64 | —     | 9,52  | 5,93 | 5,86           | 2,73 | 9,53  | 3,93 | 4,79 | 2,14       |
| 11  | Biotittrachyt                | Portland-Mine, Cripple Creek |          | 93,48 | 2,76  | 3,76  | 11,04 | 1,10 | 4,14           | 1,94 | —     | —    | 2,57 | "          |
| 12  | Latitphonolith               | Portland-Mine, Cripple Creek |          | 82,60 | 16,82 | 0,58  | 8,54  | 3,57 | 3,10           | 3,51 | 2,35  | 0,76 | 3,58 | Schaller   |
| 13  | Latitphonolith               | Anaconda-Mine, Cripple Creek |          | 85,08 | 14,82 | 0,10  | 9,40  | 2,47 | 2,95           | 2,67 | 3,02  | 0,21 | 3,02 | "          |
| 14  | Syenit                       | Portland-Mine, Cripple Creek |          | 83,44 | 23,24 | —     | 6,68  | 8,54 | 3,78           | 3,36 | 5,04  | 3,22 | 1,68 | 3,36       |

Literatur: 1—5. W. Cross, U. S. Geol. S. Bull. 148, 1897. — 6. W. Cross, J. Geol. V, 1897, S. 163. — 7—8. W. Cross, Proc. Colo. Sci. Soc. I, 1896, S. 72 — 9, 10. W. Cross, U. S. Geol. Mon. 27, 1896.



## Colorado III., Cripple Creek.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 15  | 16   | 17   | 18   | 19   | 20  | 21   | 22  | 23     | 24     | 25    | 26     | 27    | 28    |
|--------------------------------------|---|--|--|--|--|---|--|---|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 49,84   | 48,76  | 47,31  | 59,38  | 44,08  | 45,59                                       | 58,64  | 59,00   | 60,02  | 58,78  | 35,08 | 58,98  | 54,80 | 54,72 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 1,43  | 1,34   | 1,64   | 0,58   | 1,43   | 1,32  | 0,20   | 0,29  | —      | 0,29   | 2,20  | 0,24   | 1,14  | 1,52  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,76  | 0,79   | 0,90   | 0,08   | 0,91   | 0,70  | 0,05   | 0,05  | Sp.    | 0,03   | 1,99  | 0,04   | 0,78  | 0,77  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 17,78   | 17,04  | 16,21  | 19,47  | 12,80  | 12,98                                       | 19,62  | 20,07   | 20,98  | 20,03  | 9,80  | 20,54  | 16,89 | 16,80 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 5,86  | 5,04   | 5,11   | 1,60   | 4,58   | 4,97  | 2,17   | 1,58  | 2,21   | 1,87   | 5,55  | 1,65   | 5,18  | 3,81  |
| FeO . . .                            | 2,96  | 3,52   | 2,90   | 1,19   | 3,84   | 4,70  | 0,42   | 0,65  | 0,51   | 0,49   | 4,98  | 0,48   | 2,73  | 4,11  |
| MnO . . .                            | 0,21  | 0,08   | Sp.  | 0,15   | 0,14   | 0,14  | 0,20   | 0,12  | Sp.    | 0,15   | 0,06  | 0,26   | 0,10  | 0,09  |
| MgO . . .                            | 3,02  | 4,57   | 3,08   | 0,36   | 7,22   | 8,36  | 0,37   | 0,10  | Sp.    | 0,16   | 9,78  | 0,11   | 3,61  | 2,88  |
| CaO . . .                            | 7,35  | 8,64   | 7,11   | 1,96   | 11,21  | 11,09                                       | 1,24   | 1,05  | 1,18   | 0,83   | 15,09 | 0,67   | 6,23  | 6,31  |
| StrO . . .                           | 0,18  | 0,07   | 0,02   | 0,03   | 0,06   | 0,12  | Sp.  | —   | —      | —      | 0,17  | —      | 0,04  | 0,05  |
| BaO . . .                            | 0,22  | 0,15   | 0,17   | 0,13   | 0,13   | 0,13  | Sp.  | —   | —      | —      | 0,14  | —      | 0,17  | 0,12  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 5,20  | 4,27   | 3,92   | 7,80   | 2,97   | 4,53  | 8,39   | 8,34  | 8,83   | 9,36   | 2,04  | 9,95   | 3,74  | 4,04  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 3,04  | 3,39   | 3,73   | 5,83   | 3,31   | 1,04  | 5,26   | 5,63  | 5,72   | 5,50   | 2,16  | 5,31   | 3,57  | 3,49  |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 2,02  | 1,84   | 2,17   | 0,69   | 2,35   | 3,40  | 2,40   | 2,03  | 0,70   | 1,57   | 2,05  | 0,97   | 0,37  | 0,49  |
| H <sub>2</sub> O . . .               | 0,34  | 0,69   | 0,87   | 0,11   | 0,77   | 0,51  | 0,34   | 0,24  | —      | 0,31   | 0,41  | 0,19   | 0,55  | 0,68  |
| CO <sub>2</sub> . . .                | 0,52  | 0,22   | 4,98   | —  | 4,14   | —   | 0,23   | 0,26  | —      | —      | 7,83  | —      | —     | —     |
| Sonstige Bestandteile                | ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>S 0,06<br>V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,03 | Cl 0,04<br>S 0,14<br>SO <sub>3</sub> 0,01<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,05 | Cl 0,05<br>ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>SO <sub>3</sub> 0,01<br>S 0,06 | Cl 0,22<br>ZrO <sub>2</sub> 0,10<br>SO <sub>3</sub> 0,37 | Cl 0,04<br>S 0,14<br>SO <sub>3</sub> 0,01<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,05 | ZrO <sub>2</sub> 0,03<br>Cl 0,05<br>Cl 0,14 | ZrO <sub>2</sub> 0,20<br>Cl 0,24<br>SO <sub>3</sub> 0,07 | FeS <sub>2</sub> 0,17<br>SO <sub>3</sub> 0,12<br>ZrO <sub>2</sub> 0,38<br>Cl 0,58 | Cl Sp. | —      | —     | —      | —     | —     |
| Sa. . . . .                          | 100,79  | 100,48   | 100,25   | 100,05   | 99,97  | 99,87                                       | 99,74  | 99,92   | 100,15 | 100,24 | 99,66 | 100,07 | 99,83 | 99,69 |
| Spez.Gew.                            | —   | —  | —  | —  | —  | —   | 2,52   | —   | 2,576  | —      | 2,99  | —      | —     | —     |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 58,24 | 55,80 | 57,35 | 68,32 | 51,30 | 50,78 | 68,95 | 69,19 | 68,91 | 68,57 | 41,74 | 68,26 | 62,24 | 62,14 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 1,26  | 1,17  | 1,53  | 0,48  | 1,25  | 1,07  | 0,21  | 0,28  | —     | 0,28  | 2,01  | 0,21  | 0,95  | 1,29  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,35  | 0,34  | 0,44  | —     | 0,35  | 0,40  | —     | —     | —     | —     | 1,01  | —     | 0,34  | 0,34  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 12,19 | 11,46 | 11,61 | 13,18 | 8,77  | 8,48  | 13,55 | 13,86 | 14,20 | 13,72 | 6,90  | 13,96 | 11,18 | 11,10 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 2,59  | 2,20  | 2,34  | 0,69  | 2,04  | 2,07  | 0,99  | 0,70  | 0,97  | 0,84  | 2,51  | 0,69  | 2,25  | 1,63  |
| FeO . . .                            | 2,52  | 3,36  | 2,92  | 1,17  | 3,72  | 4,34  | 0,42  | 0,63  | 0,48  | 0,49  | 4,96  | 0,49  | 2,59  | 3,88  |
| MnO . . .                            | 0,21  | 0,07  | —     | 0,14  | 0,14  | 0,13  | 0,21  | 0,14  | —     | 0,14  | 0,07  | 0,28  | 0,07  | 0,07  |
| MgO . . .                            | 5,33  | 7,82  | 5,55  | 0,62  | 12,56 | 13,96 | 0,64  | 0,21  | —     | 0,28  | 17,46 | 0,21  | 6,13  | 4,90  |
| CaO . . .                            | 9,18  | 10,57 | 9,28  | 2,42  | 14,04 | 13,23 | 1,55  | 1,34  | 1,45  | 0,98  | 19,32 | 0,83  | 7,57  | 7,70  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 5,89  | 4,74  | 4,60  | 8,70  | 3,37  | 4,81  | 9,53  | 9,43  | 9,79  | 10,57 | 2,37  | 11,88 | 4,09  | 4,43  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 2,24  | 2,47  | 4,38  | 4,28  | 2,46  | 0,73  | 3,95  | 4,22  | 4,20  | 4,13  | 1,67  | 3,89  | 2,59  | 2,52  |



| Gestein                        | Ort  | Lage-<br>rung | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|--------------------------------|--|---------------|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 15 Trachydolerit,<br>Banakit   | Bull Cliff, Cripple Creek                      |               | 81,28  | 26,36 | -7,64  | 8,13  | 4,06  | 2,24             | 5,33  | 5,12  | 0,14 | 5,18 | Hillebrand |
| 16 Trachydolerit,<br>Shoshonit | Isabella Dike. "                               |               | 74,68  | 35,14 | -9,82  | 7,21  | 4,25  | 2,47             | 7,82  | 6,32  | 1,23 | 4,40 | "          |
| 17 Vogesit                     | Jennie Sample Mine "                           |               | 82,36  | 30,24 | -12,60 | 8,98  | 2,63  | 4,38             | 5,55  | 6,65  | 0,58 | 4,68 | Schaller   |
| 18 Phonolith                   | Bull Cliff, Cripple Creek                      |               | 104,64 | 8,30  | -12,94 | 12,98 | 0,20  | 4,28             | 0,62  | 2,22  | 0,62 | 1,38 | Hillebrand |
| 19 Monchiquit                  | Cripple Creek                                  |               | 58,40  | 55,04 | -13,44 | 5,83  | 2,94  | 2,46             | 12,56 | 11,10 | 1,82 | 4,08 | Schaller   |
| 20 Analcimbasalt               | The Basin, bei Cripple Creek                   |               | 56,08  | 57,44 | -13,52 | 5,54  | 2,94  | 0,73             | 13,96 | 10,29 | 2,40 | 4,14 | Hillebrand |
| 21 Phonolith                   | Rhyolith Mt., Cripple Creek                    |               | 108,12 | 5,86  | -13,98 | 13,48 | 0,07  | 3,95             | 0,64  | 1,48  | —    | 1,62 | "          |
| 22 Phonolith                   | Big Bull Mt., "                                |               | 110,04 | 4,22  | -14,26 | 13,65 | 0,21  | 4,22             | 0,21  | 1,13  | 0,07 | 1,40 | "          |
| 23 Phonolith                   | Zwischen Florissant und<br>Manitoua El Paso    |               | 112,76 | 3,93  | -16,69 | 13,99 | 0,21  | 4,20             | —     | 1,24  | —    | 1,45 | Eakins     |
| 24 Phonolith                   | Straub Mt., Cripple Creek                      |               | 109,76 | 9,98  | -19,14 | 14,70 | -0,98 | 4,13             | 0,28  | 0,98  | 0,49 | —    | Hillebrand |
| 25 Nephelinbasalt              | Appie Ellen Shaft, "                           |               | 43,68  | 77,86 | -21,54 | 4,02  | 2,88  | 1,67             | 17,46 | 16,44 | 2,52 | 5,02 | "          |
| 26 Phonolith                   | Mitre Peak, "                                  |               | 111,68 | 9,44  | -21,12 | 15,07 | -1,11 | 3,89             | 0,21  | 0,83  | 0,35 | —    | "          |
| 27 Trachydolerit,<br>Shoshonit | Lost Trail Creek, San<br>Christobal Quadrangle |               | 71,44  | 23,72 | 4,84   | 6,68  | 4,50  | 2,59             | 6,13  | 3,07  | 0,41 | 4,50 | Palmer     |
| 28 Basalt,<br>Shoshonit        | Devils Lake, Uncompahgre,<br>Colorado          |               | 72,20  | 24,80 | 3,00   | 6,95  | 4,15  | 2,52             | 4,90  | 3,55  | 2,32 | 3,26 | Steiger    |

Literatur: 11—17, 19, Lindgren und Ransome, U. S. Geol. Surv. 54, 1906, S. 79, 90, 95, 96, —  
 18, 21—26, W. Cross, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 16, 1895, S. 39, 43, 50. — 20, W. Cross,  
 Journ. Geol. V, 1897, S. 689. — 27, Washington, 1917, S. 471, Nr. 25. — 28, Ibidem,  
 S. 451, Nr. 28.



## Colorado IV., Latite.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1      | 2                     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8                     | 9      | 10      | 11     | 12    | 13     |
|--------------------------------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|---------|--------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 66,39  | 64,93                 | 68,81  | 67,76  | 62,36  | 59,83  | 60,69  | 62,09                 | 62,64  | 64,56   | 60,25  | 56,03 | 54,06  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,50   | 0,53                  | 0,28   | 0,45   | 0,69   | 0,70   | 0,73   | 0,73                  | 0,69   | 0,61    | 0,51   | 1,01  | 1,38   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,06   | 0,17                  | 0,13   | 0,11   | 0,31   | 0,31   | 0,31   | 0,25                  | 0,26   | 0,08    | 0,61   | 0,48  | 0,62   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18,16  | 16,79                 | 15,54  | 16,08  | 14,95  | 15,86  | 15,90  | 16,77                 | 17,46  | 17,36   | 15,55  | 15,97 | 19,07  |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>3</sub> | 2,50   | 3,54                  | 1,78   | 2,22   | 5,15   | 4,07   | 4,52   | 3,96                  | 3,35   | 0,76    | 5,95   | 4,78  | 4,69   |
| FeO                            | 1,13   | 0,32                  | 0,80   | 0,23   | 0,89   | 2,12   | 1,72   | 0,98                  | 1,03   | 1,81    | 0,53   | 3,00  | 4,40   |
| MnO                            | 0,06   | Sp.                   | 0,12   | 0,04   | 0,09   | 0,06   | 0,13   | 0,14                  | 0,09   | 0,33    | 0,09   | 0,16  | 0,15   |
| MgO                            | 0,85   | 0,65                  | 0,52   | 0,43   | 1,82   | 2,73   | 1,93   | 1,63                  | 1,05   | 0,73    | 2,91   | 3,36  | 1,15   |
| CaO                            | 3,71   | 2,11                  | 2,43   | 2,59   | 3,88   | 4,34   | 5,23   | 4,26                  | 4,32   | 3,25    | 4,93   | 6,44  | 6,78   |
| SrO                            | 0,02   | Sp.                   | 0,04   | 0,03   | 0,07   | 0,02   | 0,03   | 0,05                  | 0,06   | —       | —      | 0,04  | 0,01   |
| BaO                            | 0,07   | 0,15                  | 0,13   | 0,12   | 0,08   | 0,08   | 0,10   | 0,10                  | 0,10   | —       | —      | 0,08  | 0,07   |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,96   | 3,33                  | 4,24   | 4,06   | 3,59   | 3,00   | 3,55   | 3,77                  | 3,97   | 3,56    | 3,41   | 2,85  | 3,20   |
| K <sub>2</sub> O               | 3,56   | 4,76                  | 4,07   | 4,91   | 3,74   | 3,55   | 3,22   | 3,68                  | 3,94   | 5,94    | 4,39   | 3,29  | 2,98   |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,56   | 1,65                  | 0,78   | 0,54   | 0,85   | 2,04   | 0,96   | 1,32                  | 0,56   | 0,45    | 0,46   | 1,08  | 0,57   |
| H <sub>2</sub> O —             | 0,66   | 1,12                  | 0,50   | 0,94   | 1,52   | 1,09   | 0,93   | 0,50                  | 0,84   | 0,41    | 0,20   | 1,31  | 1,19   |
| CO <sub>2</sub>                | —      | Li <sub>2</sub> O Sp. | 0,48   | —      | 0,10   | 0,59   | 0,27   | Li <sub>2</sub> O Sp. | —      | Cl 0,01 | F 0,04 | —     | —      |
| ZrO <sub>2</sub>               | 0,03   | 0,03                  | Sp.    | 0,02   | —      | —      | —      | Sp.                   | 0,02   | Sp.     | 0,04   | —     | 0,03   |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | —      | —                     | —      | —      | 0,02   | —      | —      | —                     | 0,03   | —       | —      | —     | —      |
| V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | —      | —                     | —      | —      | 0,01   | —      | —      | —                     | 0,02   | —       | —      | —     | —      |
| S                              | 0,03   | —                     | —      | 0,02   | —      | —      | —      | —                     | 0,02   | —       | —      | —     | 0,02   |
| Sa. . . . .                    | 100,25 | 100,08                | 100,65 | 100,55 | 100,12 | 100,39 | 100,22 | 100,23                | 100,43 | 99,86   | 99,89  | 99,88 | 100,37 |
| Spez. Gew. . . . .             | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —       | —      | —     | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 74,65 | 75,19 | 76,70 | 75,98 | 71,35 | 68,76 | 69,07 | 70,50 | 70,90 | 72,45 | 68,06 | 63,84 | 62,80 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,40  | 0,49  | 0,27  | 0,40  | 0,62  | 0,62  | 0,61  | 0,61  | 0,61  | 0,54  | 0,41  | 0,89  | 1,18  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,20  | 0,07  | 0,07  | 0,07  | 0,14  | 0,14  | 0,14  | 0,14  | 0,14  | —     | 0,27  | 0,21  | 0,28  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,00 | 11,47 | 10,17 | 10,63 | 10,10 | 10,69 | 10,65 | 11,17 | 11,62 | 11,45 | 10,30 | 10,73 | 13,03 |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>3</sub> | 1,08  | 1,53  | 0,74  | 0,94  | 2,20  | 1,79  | 1,91  | 1,70  | 1,43  | 0,34  | 2,58  | 2,05  | 2,02  |
| FeO                            | 1,08  | 0,28  | 0,74  | 0,20  | 0,89  | 2,00  | 1,64  | 0,95  | 0,95  | 1,68  | 0,47  | 2,87  | 4,25  |
| MnO                            | —     | —     | 0,13  | —     | 0,07  | —     | 0,14  | 0,14  | 0,07  | 0,34  | 0,07  | 0,14  | 0,14  |
| MgO                            | 1,42  | 1,11  | 0,87  | 0,74  | 3,16  | 4,69  | 3,28  | 2,79  | 1,77  | 1,21  | 4,95  | 5,74  | 2,02  |
| CaO                            | 4,45  | 2,64  | 2,88  | 3,10  | 4,81  | 5,38  | 6,35  | 5,18  | 5,30  | 3,91  | 5,97  | 7,86  | 8,43  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,16  | 3,68  | 4,55  | 4,41  | 3,98  | 3,31  | 3,89  | 4,16  | 4,42  | 3,84  | 3,73  | 3,28  | 3,62  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,56  | 3,54  | 2,88  | 3,50  | 2,68  | 2,62  | 2,32  | 2,66  | 2,79  | 4,24  | 3,19  | 2,39  | 2,23  |



| Nr. | Gestein                | Ort   | Lage-<br>rung | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO    | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|------------------------|---|---------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|--------|------|------|------------|
| 1   | Quarzlatit             | Texas Creek, San Christobal<br>Quadrangle     |               | 58,39 | 5,00  | 36,61 | 4,72 | 4,45 | 2,56             | 1,42 | — 2,83 | —    | 2,16 | Schaller   |
| 2   | "                      | Greenhalgh Mt. Silverton                      |               | 69,93 | 4,03  | 26,04 | 7,22 | 2,64 | 3,54             | 1,11 | — 1,61 | —    | 1,81 | Hillebrand |
| 3   | "                      | Difficulty Creek, Ouray<br>Quadrangle         |               | 70,40 | 3,76  | 25,84 | 7,43 | 2,74 | 2,88             | 0,87 | 0,14   | 0,13 | 1,48 | Steiger    |
| 4   | Tridymitlatit          | Bachelor, Creede, Colorado                    |               | 74,28 | 3,44  | 22,28 | 7,94 | 2,69 | 3,50             | 0,74 | 0,41   | —    | 1,14 | "          |
| 5   | Quarzlatit             | Mineral Creek, San<br>Christobal Quadrangle   |               | 67,04 | 12,22 | 20,74 | 6,66 | 3,44 | 2,68             | 3,16 | 1,37   | —    | 3,16 | "          |
| 6   | "                      | Wetherhorn Peak, Ouray<br>Co., Colorado       |               | 66,48 | 14,62 | 18,90 | 5,93 | 4,76 | 2,62             | 4,69 | 0,62   | 0,21 | 3,58 | "          |
| 7   | "                      | Pinnacle Ridge, Ouray Co.                     |               | 67,44 | 14,07 | 18,49 | 6,21 | 4,44 | 2,32             | 3,28 | 1,91   | —    | 3,69 | "          |
| 8   | "                      | Pole Creek, Silverton                         |               | 71,96 | 10,03 | 18,01 | 6,82 | 4,35 | 2,66             | 2,79 | 0,83   | —    | 2,79 | Hillebrand |
| 9   | "                      | Trout Creek, San Christobal<br>Quadrangle     |               | 75,32 | 7,77  | 16,91 | 7,21 | 4,41 | 2,79             | 1,77 | 0,89   | —    | 2,45 | Steiger    |
| 10  | Quarzlatit-<br>porphyr | Mohammed Tunnel,<br>Monarch-Distr.            |               | 78,12 | 7,54  | 14,34 | 8,08 | 3,37 | 4,24             | 1,21 | 0,54   | 1,08 | 0,68 | Butters    |
| 11  | Quarzlatit             | Cascade Gulch, San<br>Christobal Quadrangle   |               | 68,88 | 18,20 | 12,92 | 6,92 | 3,38 | 3,19             | 4,95 | 2,59   | —    | 3,12 | Palmer     |
| 12  | "                      | Dolly Vardon Mine, Henson<br>Creek, Silverton |               | 65,60 | 23,10 | 11,30 | 5,67 | 5,06 | 2,39             | 5,74 | 2,80   | 0,96 | 4,10 | Hillebrand |
| 13  | (Basalt) Latit         | Huerto Peak, San Christobal<br>Quadrangle     |               | 75,52 | 15,32 | 9,16  | 5,85 | 7,18 | 2,23             | 2,02 | 1,25   | 2,37 | 4,04 | Steiger    |

Literatur: 1—13. Washington, 1917, S. 101, Nr. 1; S. 247, 361, Nr. 12; S. 343, Nr. 13; S. 361, 247, Nr. 12; S. 343, Nr. 14; S. 473, Nr. 26; S. 376, Nr. 34; S. 181, Nr. 105; S. 181, Nr. 110, 113, 116.



Yellowstone-Park I: Galatin Mts.  
A. Gewichtsprocente.

|  | 1  | 2           | 3            | 4                    | 5            | 6                    | 7                           | 8   | 9   | 10  | 11                      | 12              | 13              | 14     |
|--|--|-------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|---|---|---|-------------------------|-----------------|-----------------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 61,50  | 69,54       | 74,51        | 48,73                | 58,49        | 65,63                | 65,64                       | 50,59                                       | 52,10   | 51,85                                       | 70,52                   | 56,28           | 57,38           | 58,05  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —  | —           | —            | 1,34                 | 1,71         | Sp.                  | —                           | 0,80  | 0,79  | 0,79  | Sp.                     | 0,84            | Sp.             | 1,05   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,60   | —           | Sp.          | 0,32                 | Sp.          | 0,07                 | 0,23                        | 0,48  | 0,68  | 0,64  | 0,17                    | 0,40            | Sp.             | 0,17   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,42  | 17,95       | 14,83        | 11,92                | 16,70        | 17,00                | 17,29                       | 15,85                                       | 16,34   | 15,54                                       | 15,85                   | 14,23           | 16,86           | 18,00  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 4,66   | 2,50        | 1,09         | 4,79                 | 3,85         | 2,55                 | 3,07                        | 1,83  | 3,84  | 3,50  | 2,28                    | 4,69            | 2,49            | 2,49   |
| FeO . . . . .                            | 1,09   | 0,22        | Sp.          | 4,56                 | 2,37         | 1,19                 | 1,29                        | 7,64  | 6,82  | 6,95  | 0,36                    | 4,05            | 5,17            | 4,56   |
| MnO . . . . .                            | Sp.  | —           | —            | 0,36                 | 0,24         | —                    | Sp.                         | 0,17  | Sp.   | 0,03  | 0,09                    | 0,16            | Sp.             | —      |
| MgO . . . . .                            | 1,26   | 0,50        | 0,47         | 5,93                 | 3,12         | 2,03                 | 1,78                        | 11,27                                       | 4,33  | 5,49  | 0,09                    | 7,94            | 7,32            | 6,17   |
| CaO . . . . .                            | 5,33   | 1,80        | 0,81         | 9,24                 | 5,90         | 3,48                 | 1,98                        | 8,79  | 4,73  | 5,40  | 2,59                    | 6,37            | 5,51            | 3,55   |
| StrO . . . . .                           | —  | —           | —            | —                    | —            | —                    | —                           | 0,08  | —   | Sp.   | —                       | —               | —               | —      |
| BaO . . . . .                            | —  | —           | —            | Sp.                  | —            | —                    | —                           | 0,10  | —   | 0,01  | —                       | —               | —               | —      |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,99   | 4,30        | 4,38         | 2,62                 | 3,47         | 4,42                 | 5,77                        | 2,27  | 4,02  | 3,73  | 3,93                    | 2,98            | 3,33            | 3,64   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,29   | 1,21        | 2,72         | 2,47                 | 1,59         | 1,64                 | 2,44                        | 2,33  | 4,20  | 3,89  | 3,43                    | 1,23            | 1,45            | 2,18   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 2,44   | 1,96        | 0,92         | 1,52                 | 2,44         | 2,00                 | 1,03                        | 1,97  | 1,69  | 1,74  | 0,35                    | 0,93            | 0,42            | 0,86   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —  | —           | —            | CO <sub>2</sub> 5,80 | —            | CO <sub>2</sub> 0,27 | Sp.                         | —   | —   | —   | —                       | —               | —               | —      |
| Sonstige Bestandteile                    | SO <sub>3</sub> 0,35<br>Li <sub>2</sub> O 0,63 | 0,37<br>Sp. | 0,24<br>0,02 | 0,34<br>Cl 0,11      | 0,53<br>0,01 | Sp.<br>0,04          | Sp.<br>CO <sub>2</sub> 0,17 | NiO 0,06<br>Cl Sp.<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | SO <sub>3</sub> 0,22<br>Cl 0,34<br>Li <sub>2</sub> O 0,13 | NiO 0,01<br>Cl 0,20<br>SO <sub>3</sub> 0,18 | SO <sub>3</sub><br>0,29 | Cl 0,17<br>0,01 | Cl 0,17<br>0,39 | Cl Sp. |
| Sa. . . . .                              | 99,96  | 100,35      | 99,99        | 100,05               | 100,52       | 100,32               | 100,73                      | 99,86                                       | 100,13  | 100,05                                      | 99,95                   | 100,28          | 100,46          | 100,72 |
| Spez. Gew. . .                           | —  | —           | —            | —                    | —            | —                    | —                           | —   | —   | —   | —                       | —               | —               | —      |

B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 70,78 | 78,32 | 81,71 | 56,78 | 65,40 | 73,13 | 72,79 | 53,86 | 59,33 | 58,12 | 77,58 | 59,84 | 61,80 | 63,09 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,28  | —     | —     | 1,19  | 1,42  | —     | —     | 0,64  | 0,68  | 0,68  | 0,08  | 0,67  | —     | 0,85  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | 0,14  | —     | —     | —     | 0,13  | 0,34  | 0,34  | —     | 0,18  | —     | 0,08  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,81 | 11,89 | 9,54  | 8,22  | 10,99 | 11,16 | 11,31 | 7,25  | 10,94 | 10,27 | 10,26 | 8,86  | 10,67 | 11,51 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,00  | 1,01  | 0,46  | 2,11  | 1,62  | 1,07  | 1,26  | 0,77  | 1,64  | 1,49  | 1,64  | 2,50  | 1,03  | 1,89  |
| FeO + MnO                                | 1,04  | 0,20  | —     | 4,85  | 3,37  | 1,14  | 1,20  | 6,93  | 6,43  | 6,62  | 0,66  | 4,94  | 4,65  | 4,27  |
| MgO . . . . .                            | 2,21  | 0,88  | 0,79  | 10,33 | 5,19  | 3,41  | 2,99  | 16,37 | 7,38  | 9,19  | 0,66  | 10,11 | 8,92  | 5,78  |
| CaO . . . . .                            | 6,49  | 2,16  | 0,92  | 11,60 | 7,08  | 4,14  | 2,40  | 10,08 | 5,74  | 6,47  | 3,05  | 9,00  | 8,47  | 7,19  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,42  | 4,66  | 4,67  | 2,95  | 3,78  | 4,75  | 6,19  | 2,37  | 4,41  | 4,05  | 4,18  | 3,07  | 3,49  | 3,83  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,97  | 0,88  | 1,91  | 1,83  | 1,15  | 1,20  | 1,73  | 1,60  | 3,08  | 2,77  | 2,41  | 0,83  | 0,97  | 1,51  |



| N  | Gestein                                   | Ort                                      | Lage-<br>rung | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|---|--|---------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1  | Hornblende-<br>glimmer-<br>andesitporphyr | Indian Creek, Lakkolith                  |               | 68,80 | 7,60  | 23,60 | 5,39 | 6,42 | 0,97             | 2,21  | 0,07  | —    | 3,04 | Whitefield |
| 2  | Dazitporphyr                              | Mt. Holmes                               |               | 57,15 | 2,97  | 39,88 | 5,54 | 2,16 | 0,88             | 0,88  | —4,19 | —    | 1,21 | "          |
| 3  | Dazitporphyr                              | Echo Peak                                |               | 58,36 | 2,04  | 39,60 | 6,58 | 0,92 | 1,91             | 0,79  | —2,04 | —    | 0,46 | "          |
| 4  | Kersanit                                  | Bighorn Paß                              |               | 52,00 | 46,68 | 1,32  | 4,78 | 3,44 | 1,83             | 10,33 | 8,16  | 2,74 | 4,22 | "          |
| 5  | Hornblende-<br>andesitporphyr             | SW-Gipfel Elektrik Peak                  |               | 63,68 | 19,16 | 17,16 | 4,93 | 6,06 | 1,15             | 5,19  | 1,02  | 1,75 | 3,24 | "          |
| 6  | Hornblende-<br>glimmer-<br>andesitporphyr | Zwischen Fan Creek und<br>Cinnabar Creek |               | 65,23 | 9,10  | 25,67 | 5,95 | 4,14 | 1,20             | 3,41  | —1,07 | 0,07 | 2,14 | "          |
| 7  | Hornblende-<br>glimmer-<br>andesitporphyr | Südhang Gray Mts.                        |               | 73,95 | 8,44  | 17,61 | 7,92 | 2,40 | 1,73             | 2,99  | —0,99 | —    | 2,46 | "          |
| 8  | Shoshonit,<br>tiefere Partie              | Lagerung SO-Elektrik<br>Peak             |               | 44,88 | 60,20 | —5,08 | 3,97 | 3,28 | 1,60             | 16,37 | 6,80  | 6,16 | 1,54 | "          |
| 9  | Shoshonit,<br>obere Partie                | Indian Creek, Lakkolith                  |               | 73,84 | 32,26 | —6,10 | 7,52 | 3,42 | 3,08             | 7,38  | 2,32  | 4,79 | 3,28 | "          |
| 10 | Durchschnitt<br>des Ganges                |  |               | 68,36 | 37,66 | —6,02 | 6,82 | 3,45 | 2,77             | 9,19  | 3,02  | 5,13 | 2,98 | "          |
| 11 | Glimmerdazit-<br>porphyr                  | Bunsen Peak                              |               | 65,54 | 2,58  | 31,88 | 6,59 | 3,05 | 2,41             | 0,14  | —0,62 | —    | 2,30 | "          |
| 12 | Diorit                                    | Elektrik Peak, Lakkolith                 |               | 51,04 | 38,18 | 10,78 | 3,90 | 4,96 | 0,83             | 10,11 | 4,04  | 2,44 | 5,00 | "          |
| 13 | Diorit                                    | "  |               | 60,52 | 31,66 | 7,82  | 4,46 | 6,21 | 0,97             | 8,92  | 2,26  | 3,62 | 2,06 | "          |
| 14 | Diorit                                    | "  |               | 67,40 | 22,14 | 10,46 | 5,34 | 6,17 | 1,51             | 5,78  | 1,02  | 2,38 | 3,78 | "          |

Literatur: 1—10. J. P. Iddings, U. S. Geol. Surv. Mon. 32, II, 1899, S. 61.



## Yellowstone-Park II: Elektrik Peak.

|  | A. Gewichtsprozent.  |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | 15                   | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 61,22                | 64,07  | 64,85  | 65,11  | 65,60  | 65,97  | 66,05  | 67,54  | 69,24  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,61                 | 0,45   | 0,91   | 0,71   | 0,75   | 0,42   | 0,34   | 0,80   | 0,65   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,25                 | 0,18   | 0,14   | 0,02   | 0,16   | Sp.    | Sp.    | Sp.    | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 16,14                | 15,82  | 16,57  | 16,21  | 17,61  | 16,53  | 16,96  | 17,02  | 15,30  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,01                 | 3,40   | 2,10   | 1,06   | 0,95   | 2,59   | 2,59   | 2,97   | 1,72   |
| FeO . . . . .                            | 2,58                 | 1,44   | 2,15   | 3,19   | 2,76   | 1,72   | 1,88   | 0,34   | 0,69   |
| MnO . . . . .                            | Sp.                  | Sp.    | —      | —      | —      | —      | —      | Sp.    | Sp.    |
| MgO . . . . .                            | 4,21                 | 3,39   | 2,14   | 2,57   | 1,49   | 2,11   | 2,08   | 1,51   | 0,95   |
| CaO . . . . .                            | 5,46                 | 4,43   | 4,01   | 3,97   | 3,72   | 3,37   | 3,37   | 2,94   | 2,98   |
| NaO . . . . .                            | 0,09                 | 0,05   | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| BaO . . . . .                            | —                    | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,48                 | 4,06   | 3,71   | 4,00   | 4,36   | 3,41   | 4,20   | 4,62   | 4,46   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,87                 | 2,27   | 3,10   | 2,51   | 2,36   | 2,67   | 2,53   | 2,28   | 2,52   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,44                 | 0,52   | 0,35   | 0,94   | 0,59   | 1,23   | 0,69   | 0,55   | 1,30   |
| Cl . . . . .                             | —                    | —      | —      | —      | —      | 0,09   | Sp.    | 0,15   | Sp.    |
| SO <sub>3</sub> . . . . .                | —                    | —      | Sp.    | Sp.    | Sp.    | 0,13   | 0,03   | 0,26   | 0,27   |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —                    | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| Sa <sub>2</sub> . . . . .                | 100,36               | 100,08 | 100,03 | 100,29 | 100,35 | 100,24 | 100,22 | 100,98 | 100,08 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —                    | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
|  | B. Molekularprozent. |        |        |        |        |        |        |        |        |
|  | 15                   | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 64,71                | 69,05  | 70,65  | 70,60  | 71,61  | 73,19  | 71,97  | 74,69  | 75,98  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,49                 | 0,36   | 0,75   | 0,58   | 0,62   | 0,33   | 0,27   | 0,66   | 0,53   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —                    | 0,08   | 0,06   | 0,01   | 0,07   | —      | —      | —      | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,16                | 10,03  | 10,62  | 10,33  | 11,31  | 10,78  | 10,87  | 11,07  | 9,88   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,62                 | 2,08   | 1,12   | 0,43   | 0,44   | 1,06   | 1,42   | 2,21   | 0,64   |
| FeO . . . . .                            | 3,10                 | 1,96   | 2,55   | 3,26   | 2,85   | 1,60   | 1,94   | 0,56   | 1,41   |
| MnO . . . . .                            | —                    | 0,04   | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| MgO . . . . .                            | 6,75                 | 5,48   | 3,50   | 4,17   | 2,44   | 3,53   | 3,40   | 0,21   | 1,56   |
| CaO . . . . .                            | 6,25                 | 5,12   | 4,68   | 4,61   | 4,35   | 3,99   | 3,94   | 3,98   | 3,50   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,62                 | 4,24   | 3,91   | 4,27   | 4,67   | 3,66   | 4,43   | 5,01   | 4,73   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,30                 | 1,56   | 2,16   | 1,74   | 1,64   | 1,86   | 1,76   | 1,61   | 1,77   |



| N  | Gestein                        | Ort                      | Lage-<br>rung | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|--------------------------------|--------------------------|---------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|------------|
| 15 | Diorit                         | Elektric Peak, Lakkolith |               | 68,32 | 25,72 | 5,96  | 6,92 | 3,24 | 2,30             | 6,75 | 3,01  | 1,48 | 3,24 | Melville   |
| 16 | Diorit                         | "                        |               | 63,32 | 16,82 | 19,86 | 5,80 | 4,23 | 1,56             | 5,48 | 0,89  | —    | 4,08 | "          |
| 17 | Diorit                         | "                        |               | 66,76 | 12,36 | 20,88 | 6,07 | 4,55 | 2,16             | 3,50 | 0,13  | 1,43 | 2,24 | Whitefield |
| 18 | Diorit                         | "                        |               | 65,36 | 15,44 | 19,20 | 6,01 | 4,32 | 1,74             | 4,17 | 0,29  | 2,83 | 0,86 | "          |
| 19 | Diorit                         | "                        |               | 68,53 | 10,58 | 20,89 | 6,31 | 4,35 | 1,64             | 2,44 | —0,65 | 2,41 | 0,88 | "          |
| 20 | Quarzglimmer-<br>dioritporphyr | "                        |               | 61,39 | 10,26 | 28,35 | 5,52 | 3,99 | 1,86             | 3,53 | —1,27 | 0,54 | 2,12 | "          |
| 21 | Diorit                         | "                        |               | 66,02 | 10,68 | 23,30 | 6,19 | 3,94 | 1,76             | 3,40 | —0,74 | 0,52 | 2,84 | "          |
| 22 | Diorit                         | "                        |               | 69,35 | 3,19  | 27,46 | 6,62 | 3,98 | 1,61             | 0,21 | —0,47 | —    | 2,77 | "          |
| 23 | Quarzglimmer-<br>dioritporphyr | "                        |               | 65,52 | 5,41  | 29,07 | 6,50 | 3,38 | 1,77             | 1,56 | 0,12  | —    | 2,05 | "          |

Literatur: 11—16. J. P. Iddings, U. S. Geol. Surv. Mon. 32, II, 1899, S. 116.



## Yellowstone-Park III: Sepulchre Mt.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 55,83  | 55,92  | 56,61  | 57,17  | 60,30  | 64,27  | 65,50  | 65,66  | 67,49  | 70,24  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,05   | 0,94   | 0,79   | 1,03   | 0,76   | 0,32   | 0,45   | 1,37   | 0,13   | Sp.    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,21   | 0,18   | 0,06   | 0,05   | 0,20   | 0,16   | 0,09   | Sp.    | 0,13   | Sp.    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,11  | 17,70  | 13,62  | 17,25  | 16,31  | 17,84  | 14,94  | 15,61  | 16,18  | 17,36  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,07   | 3,16   | 5,89   | 2,48   | 4,35   | 3,36   | 1,72   | 2,10   | 1,30   | 1,38   |
| FeO                            | 3,75   | 4,48   | 2,60   | 4,31   | 1,41   | 1,29   | 2,27   | 2,07   | 1,22   | 0,79   |
| MnO                            | —      | Sp.    | 0,35   | —      | 0,13   | —      | 0,20   | —      | 0,08   | —      |
| MgO                            | 5,05   | 4,34   | 5,48   | 4,83   | 2,39   | 2,00   | 2,97   | 2,46   | 1,34   | 0,53   |
| CaO                            | 7,40   | 5,90   | 6,61   | 6,61   | 5,62   | 3,42   | 2,83   | 3,64   | 2,68   | 2,74   |
| Str                            | —      | —      | Sp.    | —      | Sp.    | —      | Sp.?   | —      | —      | —      |
| BaO                            | —      | —      | 0,14   | —      | 0,15   | —      | 0,13   | —      | —      | —      |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,94   | 4,08   | 3,13   | 3,44   | 3,99   | 3,84   | 5,46   | 3,65   | 4,37   | 3,69   |
| K <sub>2</sub> O               | 1,71   | 2,28   | 2,71   | 2,03   | 2,36   | 2,48   | 2,76   | 2,03   | 2,40   | 2,65   |
| H <sub>2</sub> O +             | 1,28   | 1,42   | 2,27   | 1,20   | 2,50   | 1,32   | 1,37   | 1,07   | 2,69   | 0,71   |
| H <sub>2</sub> O —             | —      | 0,09   | —      | Sp.    | —      | 0,03   | —      | 0,36   | —      | —      |
| CO <sub>2</sub>                | —      | —      | —      | Sp.    | —      | —      | —      | 0,12   | —      | —      |
| SO <sub>3</sub>                | Sp.    | Sp.    | ?      | Sp.    | 0,10   | Sp.    | 0,06   | 0,13   | —      | Sp.    |
| Sum                            | 100,40 | 100,49 | 100,26 | 100,40 | 100,57 | 100,38 | 100,25 | 100,27 | 100,01 | 100,09 |
| Spez. Gew.                     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 61,53 | 61,05 | 62,94 | 62,47 | 68,60 | 71,92 | 71,75 | 72,30 | 75,45 | 77,50 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,86  | 0,77  | 0,67  | 0,85  | 0,07  | 0,27  | 0,33  | 1,12  | 0,13  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,07  | 0,09  | —     | —     | 0,07  | 0,07  | —     | —     | 0,07  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,10 | 11,36 | 8,93  | 11,07 | 10,92 | 11,75 | 9,59  | 10,11 | 10,66 | 11,25 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,65  | 1,61  | 2,47  | 0,98  | 1,84  | 1,41  | 0,72  | 0,86  | 0,54  | 0,60  |
| FeO                            | 3,44  | 5,05  | 2,40  | 3,93  | 1,36  | 1,21  | 2,10  | 1,92  | 1,14  | 0,73  |
| MnO                            | —     | —     | 0,33  | —     | 0,14  | —     | 0,20  | —     | 0,07  | —     |
| MgO                            | 8,33  | 7,11  | 9,13  | 7,93  | 4,10  | 3,36  | 4,86  | 4,10  | 2,28  | 0,86  |
| CaO                            | 8,72  | 6,90  | 7,87  | 7,73  | 6,83  | 4,10  | 2,76  | 3,90  | 3,22  | 3,24  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,11  | 4,50  | 3,33  | 3,60  | 4,37  | 4,16  | 5,78  | 3,90  | 4,70  | 3,90  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,19  | 1,56  | 1,93  | 1,44  | 1,70  | 1,75  | 1,91  | 1,39  | 1,74  | 1,92  |



| Nr. | Gestein                       | Ort                                    | Lagerung | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sup>2</sup> O | Na <sup>2</sup> O | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|-------------------------------|--|----------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------------------|-------|------|------|------------|
| 1   | Pyroxenandesit                | Gang nahe dem Gipfel Sepulchre Mt.     |          | 61,60 | 27,38 | 11,02 | 4,30 | 6,80 | 1,19             | 8,33              | 1,92  | 1,79 | 3,30 | Whitefield |
| 2   | Hornblendeandesit             | Aus der Breccie, Obere Teile S. Mt.    |          | 69,68 | 27,52 | 2,80  | 6,06 | 5,30 | 1,56             | 7,11              | 1,60  | 3,44 | 3,22 | "          |
| 3   | Hornblende-<br>pyroxenandesit | NO Cache Lake, Anfang Reese Creek      |          | 56,76 | 32,12 | 11,12 | 5,26 | 3,67 | 1,93             | 9,13              | 4,20  | 0,26 | 4,94 | Chatard    |
| 4   | Pyroxenandesit                | Strom der SW-Basis Sepulchre Mts.      |          | 64,44 | 27,12 | 8,44  | 5,04 | 6,03 | 1,44             | 7,93              | 1,70  | 2,95 | 1,96 | Whitefield |
| 5   | Hornblende-<br>pyroxenandesit | Aus der Breccie, Obere Teile Sepulchre |          | 67,96 | 15,50 | 16,54 | 6,07 | 4,85 | 1,70             | 4,10              | 1,98  | —    | 3,34 | Chatard    |
| 6   | Hornblende-<br>glimmerandesit | Cache Lake, Reese Creek                |          | 65,42 | 9,34  | 25,24 | 5,91 | 4,10 | 1,75             | 3,36              | —1,74 | —    | 2,62 | Whitefield |
| 7   | Hornblende-<br>glimmerandesit | Nordbasis Sepulchre Mt.                |          | 69,12 | 16,04 | 14,84 | 7,69 | 1,90 | 1,91             | 4,86              | 0,86  | 1,58 | 1,44 | Chatard    |
| 8   | Dazit                         | Sattel S Cache Lake                    |          | 60,04 | 12,04 | 27,92 | 5,29 | 4,30 | 1,39             | 4,10              | —0,52 | 1,06 | 1,72 | Whitefield |
| 9   | Dazit                         | Sattel S Cache Lake                    |          | 65,40 | 6,98  | 27,62 | 6,44 | 3,22 | 1,74             | 2,28              | —1,00 | 0,67 | 1,08 | Eakins     |
| 10  | Dazitporphyr                  | Birch Hills                            |          | 61,71 | 3,18  | 35,11 | 5,82 | 3,24 | 1,92             | 0,86              | —2,19 | 0,13 | 1,20 | Whitefield |

Literatur: 1—10. J. P. Iddings, U. S. Geol. Surv. Mon. 32, II, 1899, S. 135.



## Yellowstone-Park IV: Crandall-Vulkan.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7      | 8      | 9      | 10    | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 51,81  | 52,09  | 52,11  | 53,56  | 53,71  | 53,89 | 55,93  | 56,21  | 57,26  | 57,32 | 57,64  | 61,16  | 63,42  | 63,97  | 64,40  | 71,62  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,77   | 0,39   | 0,53   | 0,68   | 0,74   | 0,49  | 0,81   | 0,88   | 0,76   | 0,62  | 0,77   | 0,23   | 0,35   | 0,48   | 0,40   | 0,08   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,18   | 0,27   | 0,63   | 0,18   | 0,38   | 0,52  | 0,56   | 0,64   | 0,51   | 0,50  | 0,34   | 0,13   | 0,26   | 0,40   | 0,16   | Sp.    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,24  | 17,84  | 16,58  | 16,07  | 18,00  | 18,81 | 18,32  | 18,24  | 19,40  | 17,29 | 18,43  | 16,17  | 17,16  | 15,78  | 15,77  | 14,99  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,66   | 4,27   | 3,66   | 3,21   | 3,99   | 4,92  | 2,39   | 3,26   | 2,49   | 3,89  | 3,63   | 2,89   | 3,09   | 2,35   | 2,47   | 1,27   |
| FeO . . . . .                            | 4,86   | 4,56   | 4,99   | 5,29   | 4,05   | 2,81  | 4,91   | 3,69   | 3,29   | 3,03  | 2,84   | 2,18   | 1,50   | 1,87   | 1,25   | 1,01   |
| MnO . . . . .                            | 0,08   | 0,14   | 0,23   | 0,11   | 0,24   | 0,17  | 0,14   | 0,17   | 0,16   | 0,06  | 0,10   | Sp.    | 0,04   | 0,05   | 0,04   | 0,17   |
| MgO . . . . .                            | 8,89   | 5,33   | 6,87   | 7,23   | 5,19   | 3,29  | 3,97   | 3,38   | 2,57   | 3,50  | 3,32   | 3,89   | 1,64   | 2,84   | 2,12   | 0,74   |
| CaO . . . . .                            | 9,06   | 8,03   | 6,43   | 8,77   | 6,88   | 5,42  | 6,17   | 5,91   | 5,68   | 5,31  | 5,49   | 4,26   | 4,65   | 3,71   | 3,54   | 1,33   |
| SiO . . . . .                            | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| BaO . . . . .                            | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,83   | 3,39   | 3,25   | 3,06   | 3,50   | 3,65  | 4,29   | 4,15   | 4,21   | 3,89  | 4,03   | 3,87   | 4,51   | 4,36   | 4,10   | 3,62   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,08   | 1,98   | 3,20   | 1,94   | 3,10   | 2,98  | 2,62   | 3,02   | 2,95   | 3,04  | 3,33   | 3,20   | 3,04   | 4,01   | 3,81   | 4,81   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,67   | 1,77   | 1,99   | 0,19   | 0,55   | 2,99  | 0,22   | 0,78   | 0,86   | 0,63  | 0,51   | 2,09   | 0,44   | 0,58   | 2,24   | 0,41   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | 0,10  | Sp.    | —      | 0,19   | Sp.    | 0,17   | —      |
| Cl . . . . .                             | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —     | Sp.    | —      | —      | —      | —      | —      |
| Sa. . . . .                              | 100,13 | 100,06 | 100,47 | 100,29 | 100,33 | 99,94 | 100,33 | 100,33 | 100,14 | 99,68 | 100,43 | 100,07 | 100,29 | 100,40 | 100,37 | 100,05 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —      | —      | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 55,14 | 57,52 | 57,48 | 57,15 | 59,31 | 62,63 | 61,44 | 62,68 | 63,91 | 64,00 | 64,10 | 67,97 | 70,47 | 70,13 | 72,14 | 78,71 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,64  | 0,40  | 0,47  | 0,51  | 0,60  | 0,42  | 0,66  | 0,74  | 0,67  | 0,54  | 0,68  | 0,20  | 0,27  | 0,39  | 0,34  | 0,07  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,06  | 0,26  | 0,27  | 0,06  | 0,26  | 0,28  | 0,25  | 0,33  | 0,20  | 0,27  | 0,13  | 0,07  | 0,13  | 0,20  | 0,07  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 9,51  | 10,79 | 10,78 | 10,11 | 11,66 | 12,83 | 11,87 | 11,97 | 12,73 | 11,39 | 12,07 | 10,61 | 11,20 | 10,20 | 10,36 | 9,69  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,47  | 1,52  | 1,53  | 1,28  | 1,66  | 2,16  | 0,99  | 1,34  | 1,07  | 1,61  | 1,53  | 1,20  | 1,27  | 0,99  | 1,01  | 0,53  |
| FeO . . . . .                            | 4,34  | 4,63  | 4,59  | 4,67  | 3,71  | 2,72  | 4,48  | 3,41  | 3,08  | 2,82  | 2,67  | 2,00  | 1,40  | 1,71  | 1,08  | 0,92  |
| MnO . . . . .                            | 0,06  | 0,20  | 0,20  | 0,13  | 0,20  | 0,14  | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,07  | 0,07  | 0,07  | —     | —     | —     | 0,13  |
| MgO . . . . .                            | 14,17 | 11,38 | 11,31 | 11,58 | 8,61  | 5,72  | 6,53  | 5,69  | 4,29  | 5,97  | 5,54  | 6,47  | 2,73  | 4,67  | 3,56  | 1,25  |
| CaO . . . . .                            | 10,34 | 7,61  | 7,65  | 10,04 | 8,15  | 6,76  | 7,25  | 7,09  | 6,76  | 6,97  | 6,54  | 5,07  | 5,53  | 4,34  | 4,24  | 1,52  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,87  | 3,44  | 3,46  | 3,13  | 3,71  | 4,11  | 4,55  | 4,48  | 4,55  | 4,22  | 4,31  | 4,14  | 4,87  | 4,61  | 4,44  | 3,82  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,40  | 2,25  | 2,26  | 1,34  | 2,19  | 2,23  | 1,85  | 2,14  | 2,61  | 2,14  | 2,33  | 2,27  | 2,13  | 2,76  | 2,76  | 3,36  |



| Nr. | Gestein                         | Ort                               | Lagerung | L     | M     | Q     | A    | C    | MgO  | CaO   | $\frac{O}{H}$ | Mt   | Analytiker |          |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------|----------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|---------------|------|------------|----------|
| 1   | Gabbroporphyr                   | Herz der Hurricane Mesa           |          | 55,12 | 47,34 | 2,46  | 4,27 | 5,24 | 1,40 | 14,17 | 5,10          | 2,93 | 2,94       | Eakins   |
| 2   | Basaltstrom, Orthoklasbasalt    | Nordseite des Timber Creek        |          | 65,92 | 37,44 | 3,36  | 5,69 | 5,10 | 2,25 | 11,38 | 2,51          | 3,31 | 3,04       | "        |
| 3   | Basaltgang                      | Südseite der Hurricane Mesa       |          | 66,00 | 37,38 | 3,38  | 5,72 | 5,06 | 2,26 | 11,31 | 2,59          | 3,26 | 3,06       | "        |
| 4   | Basalt porphyrisch              | Herz der Hurricane Mesa           |          | 58,32 | 41,56 | 0,12  | 4,47 | 5,64 | 1,34 | 11,58 | 4,40          | 3,52 | 2,56       | "        |
| 5   | Gabbro mit Glimmer              | " "                               |          | 70,24 | 29,82 | 0,06  | 5,90 | 5,76 | 2,19 | 8,61  | 2,39          | 2,25 | 3,32       | "        |
| 6   | Basaltandesitglas, Breccie      | Südsattel des Indian Peak         |          | 76,68 | 17,70 | 5,62  | 6,34 | 6,49 | 2,23 | 5,72  | 0,27          | 0,70 | 4,32       | "        |
| 7   | Orthoklasgabbrodiorit           | Herz der Hurricane Mesa           |          | 73,08 | 25,84 | 1,08  | 6,40 | 5,47 | 1,85 | 6,53  | 1,78          | 3,62 | 1,98       | "        |
| 8   | "                               | " "                               |          | 74,36 | 21,94 | 3,70  | 6,62 | 5,35 | 2,14 | 5,69  | 1,74          | 2,20 | 2,68       | "        |
| 9   | Dioritfazies des Gabbro         | " "                               |          | 79,56 | 17,38 | 3,06  | 7,16 | 5,57 | 2,61 | 4,29  | 1,19          | 2,14 | 2,14       | "        |
| 10  | Monzonit                        | Ostherz der Hurricane Mesa        |          | 71,00 | 21,60 | 7,40  | 6,36 | 5,03 | 2,14 | 5,97  | 1,94          | 1,28 | 3,22       | Melville |
| 11  | Pyroxendioritporphyr            | Intrusivlagergang, Hurricane Mesa |          | 74,96 | 18,84 | 6,20  | 6,67 | 5,40 | 2,33 | 5,54  | 1,14          | 1,21 | 3,06       | Eakins   |
| 12  | Hornblendeglimmerandesitporphyr | Gang, Südsattel, Hurricane Mesa   |          | 68,08 | 18,68 | 13,24 | 6,41 | 4,20 | 2,27 | 6,47  | 0,87          | 0,80 | 2,40       | "        |
| 13  | Quarzdiort, feinkörnig          | Herz der Hurricane Mesa           |          | 72,80 | 10,92 | 16,28 | 7,00 | 4,20 | 2,13 | 2,73  | 1,33          | 0,13 | 2,54       | Melville |
| 14  | Quarzglimmerdiort               | " "                               |          | 70,28 | 15,78 | 13,94 | 7,37 | 2,83 | 2,76 | 4,67  | 1,51          | 0,72 | 1,98       | "        |
| 15  | Quarzglimmerdiortporphyr        | " "                               |          | 70,24 | 11,44 | 18,32 | 7,20 | 3,16 | 2,76 | 3,56  | 1,08          | 0,07 | 2,02       | "        |
| 16  | Aplit                           | Gang im Herz, Hurricane Mesa      |          | 64,51 | 4,60  | 30,89 | 7,18 | 1,52 | 3,36 | 1,25  | 0,99          | 0,52 | 1,06       | Eakins   |

Literatur: 1—16. J. P. Iddings, U. S. Geol. Surv. Mon. 32, II, 1899, S. 261.



## Yellowstone Park V: Absaroka Range.

|  | A. Gewichtsprocente. |       |        |       |        |        |       |        |        |        |        |        |        |       |
|--|----------------------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|  | 1                    | 2     | 3      | 4     | 5      | 6      | 7     | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14    |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 61,56                | 64,61 | 67,95  | 64,65 | 48,98  | 48,95  | 48,36 | 51,76  | 49,71  | 51,68  | 50,06  | 51,75  | 53,49  | 52,86 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,87                 | —     | 0,45   | Sp.   | 0,88   | 0,49   | 1,18  | 0,47   | 1,57   | 1,08   | 0,51   | 0,86   | 0,71   | 1,04  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,04                 | 0,30  | 0,07   | Sp.   | 0,59   | 0,67   | 0,84  | 0,56   | 0,66   | 0,72   | 0,66   | 0,67   | 0,43   | 0,53  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 14,73                | 18,62 | 14,98  | 17,80 | 11,56  | 12,98  | 12,42 | 12,36  | 13,30  | 14,07  | 17,00  | 17,48  | 17,19  | 17,51 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 4,47                 | 2,78  | 2,33   | 2,33  | 3,52   | 3,63   | 5,25  | 4,88   | 4,41   | 4,71   | 2,96   | 6,42   | 4,73   | 5,18  |
| FeO . . . . .                            | 1,23                 | 0,95  | 0,95   | 2,10  | 5,71   | 4,68   | 2,48  | 4,60   | 3,37   | 4,57   | 5,42   | 1,46   | 3,25   | 3,31  |
| MnO . . . . .                            | 0,34                 | Sp.   | 0,09   | Sp.   | 0,13   | 0,13   | 0,13  | 0,11   | 0,17   | Sp.    | 0,14   | Sp.    | 0,14   | Sp.   |
| MgO . . . . .                            | 3,57                 | 0,85  | 1,42   | 0,81  | 13,17  | 11,73  | 9,36  | 9,57   | 7,96   | 7,72   | 3,61   | 4,05   | 4,42   | 4,18  |
| CaO . . . . .                            | 4,87                 | 4,20  | 3,98   | 1,73  | 9,20   | 7,66   | 8,65  | 7,14   | 8,03   | 6,65   | 8,14   | 8,20   | 6,34   | 6,51  |
| BaO . . . . .                            | —                    | —     | 0,23   | —     | —      | —      | 0,29  | —      | 0,46   | —      | —      | —      | 0,06   | —     |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,10                 | 4,37  | 4,39   | 4,18  | 2,89   | 2,31   | 1,46  | 1,99   | 1,49   | 2,45   | 3,53   | 3,33   | 3,23   | 3,22  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,24                 | 2,36  | 2,86   | 2,83  | 2,22   | 3,96   | 3,97  | 3,83   | 4,81   | 4,16   | 3,40   | 3,72   | 3,86   | 3,41  |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,42                 | 0,93  | 0,61   | 3,06  | 2,96   | 3,16   | 5,54  | 3,05   | 4,07   | 2,09   | 4,85   | 2,26   | 2,17   | 1,76  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —                    | —     | 0,37   | 0,17  | —      | —      | —     | —      | —      | Sp.    | —      | —      | —      | —     |
| Li <sub>2</sub> O . . . . .              | —                    | 0,01  | —      | 0,43  | —      | —      | —     | —      | —      | 0,13   | —      | Sp.    | —      | 0,04  |
| SO <sub>3</sub> . . . . .                | —                    | —     | 0,11   | —     | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | 0,17   | —      | —     |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —                    | —     | —      | —     | —      | —      | Sp.   | —      | Sp.    | —      | —      | Sp.    | —      | 0,22  |
| Cl . . . . .                             | —                    | —     | —      | —     | 0,18   | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0,16  |
| Sa. . . . .                              | 100,44               | 99,88 | 100,79 | 99,47 | 101,29 | 100,35 | 99,93 | 100,32 | 100,01 | 100,03 | 100,28 | 100,37 | 100,02 | 99,93 |
| Spez. Gew. . . . .                       | —                    | —     | —      | —     | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —     |

|  | B. Molekularprocente. |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 1                     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 67,80                 | 72,59 | 74,39 | 74,54 | 50,22 | 52,54 | 54,75 | 56,49 | 56,08 | 57,13 | 58,00 | 59,48 | 60,85 | 60,50 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,72                  | —     | 0,09  | —     | 0,69  | 0,39  | 1,02  | 0,39  | 1,35  | 0,86  | 0,42  | 0,76  | 0,60  | 0,89  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —                     | 0,13  | 0,02  | —     | 0,25  | 0,32  | 0,42  | 0,26  | 0,34  | 0,33  | 0,35  | 0,34  | 0,20  | 0,27  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 9,52                  | 12,26 | 9,65  | 12,10 | 7,08  | 8,18  | 8,29  | 7,92  | 8,80  | 9,16  | 11,30 | 11,85 | 11,53 | 11,81 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,85                  | 1,15  | 0,98  | 1,04  | 1,38  | 1,48  | 2,24  | 1,96  | 1,83  | 1,92  | 1,63  | 2,76  | 1,98  | 2,20  |
| FeO . . . . .                            | 1,12                  | 0,94  | 0,85  | 2,02  | 5,02  | 4,19  | 2,38  | 4,19  | 3,25  | 4,25  | 5,24  | 1,38  | 3,07  | 3,16  |
| MnO . . . . .                            | 0,35                  | —     | 0,07  | —     | 0,13  | 0,13  | 0,14  | 0,13  | 0,14  | —     | 0,14  | —     | 0,14  | —     |
| MgO . . . . .                            | 5,88                  | 1,42  | 2,36  | 1,39  | 20,50 | 18,87 | 15,90 | 15,64 | 13,46 | 12,81 | 6,29  | 6,96  | 7,57  | 7,21  |
| CaO . . . . .                            | 5,75                  | 5,05  | 4,66  | 2,16  | 10,28 | 8,82  | 10,46 | 8,31  | 9,68  | 7,90  | 10,13 | 10,06 | 7,71  | 7,97  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,42                  | 4,78  | 4,66  | 4,66  | 2,95  | 2,38  | 1,56  | 2,09  | 1,62  | 2,65  | 3,98  | 3,72  | 3,55  | 3,50  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,59                  | 1,68  | 1,97  | 2,09  | 1,50  | 2,70  | 2,85  | 2,62  | 3,45  | 2,99  | 2,52  | 2,69  | 2,80  | 2,47  |



| N  | Gestein                         | Ort                                  | Lagerung | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|---------------------------------|--------------------------------------|----------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1  | Alte saure Breccie              | Ursprung des Tower Creek             |          | 66,12 | 21,56 | 12,32  | 7,01 | 2,51 | 1,59             | 5,88  | 3,24  | —    | 3,32 |            |
| 2  | Alte saure Breccie,<br>Andesit  | Crescent Hill                        |          | 72,63 | 4,93  | 22,44  | 6,46 | 5,05 | 1,68             | 1,42  | —0,75 | —    | 2,09 | Whitefield |
| 3  | Alte saure Breccie,<br>Dazit    | Sepulchre Mt.                        |          | 65,12 | 9,90  | 24,98  | 6,63 | 3,02 | 1,97             | 2,36  | 1,64  | —    | 1,90 | Eakins     |
| 4  | Trachytischer<br>Rhyolith-Strom | Crescent Hill — Junction<br>Butte    |          | 65,83 | 6,82  | 27,35  | 6,75 | 2,16 | 2,09             | 1,39  | —3,19 | 0,98 | 2,08 | Whitefield |
| 5  | Leuzitabsarokit                 | Ishawoa Canyon                       |          | 46,12 | 66,60 | —12,72 | 4,45 | 2,63 | 1,50             | 20,50 | 7,65  | 3,77 | 2,76 | "          |
| 6  | Absarokit                       | Gang, Quelle d. Lamar River          |          | 53,04 | 57,82 | —10,86 | 5,08 | 3,10 | 2,70             | 18,87 | 5,72  | 2,84 | 2,96 | Eakins     |
| 7  | "                               | Gang, S Clarke Fork River            |          | 50,80 | 49,98 | —0,78  | 4,41 | 3,88 | 2,85             | 15,90 | 6,58  | 0,27 | 4,48 | "          |
| 8  | "                               | Strom, Ursprung des<br>Raven Creek   |          | 50,52 | 50,12 | —0,64  | 4,71 | 3,21 | 2,62             | 15,64 | 5,10  | 2,36 | 3,92 | "          |
| 9  | "                               | Gang, Wasserscheide<br>O Cache Creek |          | 55,48 | 45,60 | —1,08  | 5,07 | 3,73 | 3,45             | 13,46 | 5,95  | 1,56 | 3,66 | "          |
| 10 | "                               | Strom, Two Ocean Pass                |          | 59,20 | 42,88 | —2,08  | 5,64 | 3,52 | 2,99             | 12,81 | 4,38  | 2,33 | 3,84 | Whitefield |
| 11 | Shoshonit                       | Decke, Lamar River,<br>S Bison Peak  |          | 72,40 | 33,40 | —5,80  | 6,50 | 5,10 | 2,52             | 6,29  | 5,03  | 4,05 | 2,66 | Eakins     |
| 12 | "                               | Strom, NO-Basis<br>Sepulchre Mt.     |          | 73,04 | 27,30 | —0,34  | 6,41 | 5,47 | 2,69             | 6,96  | 4,62  | —    | 4,14 | Whitefield |
| 13 | "                               | Decke, SO-Ast des<br>Beaverdam Creek |          | 71,52 | 26,62 | 1,86   | 6,35 | 5,18 | 2,80             | 7,57  | 2,53  | 1,23 | 3,96 | Eakins     |
| 14 | "                               | Decke, SO-Ast des<br>Beaverdam Creek |          | 71,12 | 25,02 | 3,86   | 5,97 | 5,84 | 2,47             | 7,21  | 2,13  | 0,96 | 4,40 | Whitefield |

Literatur: J. P. Iddings, U. S. Geol. Surv. Mon. 32, II, 1899, S. 329.







| N <sup>o</sup> | Gestein                | Ort                              | Lagerung | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----------------|------------------------|----------------------------------|----------|-------|-------|--------|------|------|------------------|------|-------|------|------|------------|
| 15             | Leuzitshoshonit        | Berg O Pyramid Peak              | Decke    | 73,96 | 22,39 | 3,65   | 6,28 | 5,93 | 2,72             | 6,07 | 2,79  | —    | 4,67 | Eakins     |
| 16             | Olivinfreier Shoshonit | N O Indian Peak                  | Gang     | 75,24 | 23,38 | 1,38   | 7,18 | 4,45 | 2,87             | 7,18 | 2,12  | 0,68 | 3,42 | "          |
| 17             | Shoshonit              | Two Ozean Pass                   | Decke    | 78,24 | 13,18 | 8,58   | 6,94 | 5,42 | 3,26             | 4,37 | —1,04 | 0,62 | 3,20 | Whitefield |
| 18             | Shoshonit              | Gipfel Baldy Mt. Bear Gulch Mt.  |          | 75,92 | 17,74 | 6,34   | 6,42 | 6,14 | 2,51             | 4,12 | 0,63  | 2,79 | 2,66 | "          |
| 19             | Hornblendebasalt       | Ursprung des Stinking R. Canyon  | Gang     | 79,08 | 36,33 | —15,41 | 9,34 | 1,09 | 2,18             | 8,86 | 6,82  | —    | 4,97 | "          |
| 20             | Banakit                | Ursprung des Lamar River         | Gang     | 78,84 | 26,94 | —      | 5,78 | 8,21 | 3,29             | 3,79 | 2,88  | 1,48 | 4,06 | Eakins     |
| 21             | "                      | Hoodoo Mt.                       | Gang     | 79,28 | 24,76 | —      | 4,04 | 8,30 | 3,22             | 3,94 | 2,82  | 1,12 | 3,94 | "          |
| 22             | "                      | Ishawoa Canyon                   | Gang     | 82,92 | 21,88 | —4,80  | 8,04 | 4,65 | 3,39             | 5,15 | 2,97  | 0,77 | 4,10 | "          |
| 23             | "                      | Nahe Quelle Stinking Water R.    | Gang     | 89,20 | 18,11 | —7,31  | 9,30 | 3,70 | 4,19             | 4,76 | 2,27  | —    | 4,05 | Melville   |
| 24             | Leuzitbanakit          | SO-Ast Beaverdam Creek           | Decke    | 87,12 | 18,56 | —5,68  | 8,31 | 5,16 | 3,56             | 5,02 | 0,70  | 2,23 | 2,66 | Eakins     |
| 25             | Leuzitbanakit          | SO-Ast Beaverdam Creek           | Decke    | 89,76 | 14,44 | —4,20  | 8,13 | 6,09 | 3,11             | 4,46 | —0,36 | 0,50 | 4,52 | Whitefield |
| 26             | Quarzbanakit           | Nahe Quelle Stinking Water River | Gang     | 86,32 | 11,96 | 1,72   | 8,98 | 3,62 | 4,04             | 3,62 | 0,83  | —    | 3,06 | Melville   |
| 27             | Quarzbanakit           | Nahe Quelle Stinking Water River | Gang     | 83,40 | 10,56 | 6,04   | 9,25 | 2,35 | 4,21             | 2,00 | 2,07  | —    | 2,42 | "          |
| 28             | Basalt                 | Stinking Water Canyon            |          | 63,92 | 31,48 | 4,60   | 5,01 | 5,96 | 1,76             | 8,94 | 4,33  | —    | 4,94 | "          |

Literatur: J. P. Iddings, U. S. Geol. Serv. Mon. 32, II, 1899, S. 340, 349.



## Yellowstone-Park VII.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2      | 3      | 4     | 5     | 6     | 7      | 8      | 9      | 10     | 11    | 12      | 13     |
|--|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 70,92 | 71,85  | 72,59  | 73,84 | 74,70 | 75,19 | 75,34  | 75,50  | 75,52  | 75,89  | 48,49 | 47,17   | 51,70  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,16  | 0,43   | 0,52   | —     | —     | —     | —      | —      | —      | 0,50   | 2,19  | 2,13    | 1,24   |
| FeO . . . . .                            | 13,24 | 13,17  | 13,47  | 12,47 | 13,72 | 13,77 | 12,51  | 13,25  | 14,11  | 12,27  | 18,35 | 17,85   | 15,18  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,54  | 2,17   | 1,58   | 0,32  | 1,01  | 0,61  | 0,42   | 1,02   | 1,74   | 1,12   | 7,63  | 7,42    | 2,09   |
| FeO . . . . .                            | 0,66  | 1,34   | 1,32   | 0,90  | 0,62  | 1,37  | 1,55   | 0,91   | 0,08   | 1,37   | 1,21  | 1,18    | 8,54   |
| MnO . . . . .                            | 0,14  | 0,12   | Sp.    | Sp.   | Sp.   | Sp.   | 0,07   | —      | —      | —      | —     | —       | Sp.    |
| MgO . . . . .                            | 0,23  | 0,63   | 1,05   | 0,25  | 0,14  | 0,09  | 0,32   | 0,07   | 0,10   | 0,29   | 6,72  | 6,54    | 8,18   |
| CaO . . . . .                            | 1,42  | 2,25   | 2,12   | 1,08  | 0,78  | 0,68  | 1,07   | 0,90   | 0,78   | 0,86   | 10,40 | 10,12   | 8,73   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,28  | 4,06   | 4,63   | 2,88  | 3,90  | 3,83  | 3,31   | 4,76   | 3,92   | 3,23   | 3,02  | 2,94    | 2,31   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,25  | 3,89   | 2,52   | 5,38  | 4,02  | 3,33  | 4,17   | 2,85   | 3,63   | 3,42   | 0,57  | 0,56    | 1,81   |
| H <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,57  | 0,43   | 0,18   | 2,76  | 0,62  | 0,65  | 0,86   | 0,41   | 0,39   | 0,82   | 0,67  | 0,65    | 0,16   |
| Li <sub>2</sub> O . . . . .              | —     | —      | —      | —     | —     | 0,02  | Sp.    | 0,06   | —      | 0,01   | 0,02  | 0,02    | —      |
| SO <sub>3</sub> . . . . .                | —     | —      | —      | —     | —     | 0,29  | 0,42   | 0,32   | —      | 0,28   | 0,52  | 0,51    | —      |
| Cl . . . . .                             | —     | —      | —      | —     | 0,40  | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —       | Sp.    |
| FeS <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —      | 0,26   | —     | —     | —     | —      | —      | 0,11   | —      | —     | Fe=3,26 | S=0,09 |
| Sa. . . . .                              | 99,59 | 100,48 | 100,24 | 99,88 | 99,91 | 99,83 | 100,04 | 100,05 | 100,38 | 100,06 | 99,99 | 100,55  | 100,24 |
| Spez. Gew. . .                           | —     | —      | —      | —     | —     | —     | —      | —      | —      | —      | —     | —       | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 79,06 | 78,21 | 79,18 | 82,18 | 82,12 | 82,38 | 82,09 | 82,12 | 82,34 | 83,16 | 53,56 | 54,32 | 54,72 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,13  | 0,52  | 0,37  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 1,80  | 1,73  | 0,89  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,07  | 0,07  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | 0,07  | 0,06  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,70  | 8,42  | 8,33  | 8,14  | 8,84  | 8,88  | 7,97  | 8,49  | 9,06  | 7,89  | 11,93 | 12,09 | 9,46  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,47  | 0,91  | 0,63  | 0,13  | 0,40  | 0,26  | 0,20  | 0,39  | 0,72  | 0,46  | 3,20  | 3,18  | 0,83  |
| FeO . . . . .                            | 0,67  | 1,17  | 1,14  | 0,80  | 0,53  | 1,25  | 1,44  | 0,78  | 0,07  | 1,25  | 1,13  | 1,04  | 7,56  |
| MnO . . . . .                            | 0,13  | 0,13  | —     | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,40  | 1,04  | 1,64  | 0,40  | 0,26  | 0,13  | 0,52  | 0,13  | 0,20  | 0,46  | 11,13 | 11,47 | 13,02 |
| CaO . . . . .                            | 1,67  | 2,61  | 2,40  | 1,34  | 0,92  | 0,79  | 1,31  | 1,04  | 0,92  | 0,99  | 13,52 | 12,44 | 9,84  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,62  | 4,24  | 4,67  | 3,14  | 4,16  | 4,01  | 3,46  | 5,03  | 4,13  | 3,42  | 3,26  | 3,25  | 2,35  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,08  | 2,68  | 1,64  | 3,87  | 2,77  | 2,30  | 2,94  | 2,02  | 2,56  | 2,37  | 0,40  | 0,41  | 1,27  |



| Nr. | Gestein           | Ort                           | Lagerung     | L     | M     | Q     | A    | C    | $\frac{O^s}{L}$ | MgO   | CaO   | $O^s_F$ | Mt   | Analytiker |
|-----|-------------------|-------------------------------|--------------|-------|-------|-------|------|------|-----------------|-------|-------|---------|------|------------|
| 1   | Rhyolith          | Oberes Geysir-Basin           | Alter:       | 65,60 | 4,41  | 29,99 | 7,70 | 1,00 | 3,08            | 0,40  | 0,67  | —       | 2,27 | Gooch      |
| 2   | "                 | Ursprung des Tower Creek      |              | 61,36 | 6,90  | 31,74 | 6,92 | 1,50 | 2,68            | 1,04  | 1,11  | 0,39    | 1,82 | "          |
| 3   | "                 | Plateau O-Willow-Park         |              | 58,56 | 6,32  | 35,12 | 6,31 | 2,02 | 1,64            | 1,64  | 0,38  | 0,51    | 1,26 | "          |
| 4   | "                 | Cliff, gegenüber Midway-Basin |              | 60,60 | 2,15  | 37,25 | 7,01 | 1,13 | 3,87            | 0,40  | 0,21  | —       | 0,93 | Stokes     |
| 5   | Obsidian, schwarz | Obsidian Cliff                | Pliozän      | 60,11 | 1,58  | 38,31 | 6,93 | 0,92 | 2,77            | 0,26  | —0,99 | 0,13    | 0,80 | Whitefield |
| 6   | Rhyolith          | Nord-Madison-Plateau          |              | 55,42 | 2,76  | 41,82 | 6,31 | 0,79 | 2,30            | 0,13  | —1,78 | 0,99    | 0,52 | "          |
| 7   | Obsidian          | Elephants Back                |              | 56,70 | 4,06  | 39,24 | 6,40 | 1,31 | 2,94            | 0,52  | —0,26 | 1,31    | 0,40 | "          |
| 8   | Rhyolith          | Obsidian Cliff                |              | 60,96 | 1,82  | 37,22 | 7,05 | 1,04 | 2,02            | 0,13  | 0,40  | 0,39    | 0,78 | "          |
| 9   | Obsidian, rot     | " "                           | Mt. Sheridan | 58,65 | 1,19  | 40,16 | 6,69 | 0,92 | 2,56            | 0,20  | —1,45 | —       | 0,79 | "          |
| 10  | Obsidian          | Mt. Sheridan                  |              | 51,39 | 8,42  | 45,19 | 5,79 | 0,99 | 2,37            | 0,46  | —1,11 | 0,79    | 0,92 | "          |
| 11  | Basalt            | Nordbasis Prospekt Peak       |              | 62,36 | 37,09 | 0,55  | 3,66 | 8,27 | 0,40            | 11,13 | 5,25  | —       | 4,33 | "          |
| 12  | Eisenbasalt       | Prospekt Peak                 |              | 63,00 | 35,18 | 1,82  | 3,66 | 8,43 | 0,41            | 11,47 | 4,01  | —       | 4,22 | "          |
| 13  | Basalt            | Dunraven Peak                 |              | 52,32 | 49,16 | 1,48  | 3,62 | 5,84 | 1,37            | 13,02 | 4,00  | 6,73    | 1,66 | Gooch      |

Literatur: J. P. Iddings, U. S. Geol. Surv. Mon. 32, II, 1899, S. 426, 438. U. S. Geol. Surv. Bull. 148, 1897, S. 135.



## Leuzit Hill.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7      |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 54,08 | 54,17  | 53,70  | 50,23  | 56,30  | 54,42 | 42,65  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 2,08  | 2,67   | 1,92   | 2,27   | —      | —     | 1,64   |
| ZrO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | 0,22   | —      | —      | —      | —     | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 1,35  | 1,59   | 1,75   | 1,89   | —      | —     | 1,52   |
| SO <sub>3</sub> . . . . .                | 0,29  | 0,16   | 0,06   | 0,74   | —      | —     | 0,58   |
| Cl . . . . .                             | 0,04  | 0,06   | 0,03   | 0,03   | —      | —     | 0,03   |
| F . . . . .                              | 0,49  | 0,36   | 0,44   | 0,50   | —      | —     | 0,47   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 9,49  | 10,16  | 11,16  | 11,22  | 12,63  | 13,37 | 9,14   |
| Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —     | —      | —      | 0,03   | —      | —     | 0,11   |
| Di <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —     | —      | —      |        | —      | —     |        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,19  | 3,34   | 3,10   | 3,34   | 6,92   | 0,61  | 5,13   |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,07  | 0,05   | 0,04   | 0,10   |        | —     | 0,07   |
| FeO . . . . .                            | 1,03  | 0,65   | 1,21   | 1,84   |        | 3,52  | 1,07   |
| MnO . . . . .                            | 0,05  | 0,06   | 0,04   | 0,05   | —      | —     | 0,12   |
| MgO . . . . .                            | 6,74  | 6,62   | 6,44   | 7,09   | 5,08   | 6,37  | 10,89  |
| CaO . . . . .                            | 3,55  | 4,19   | 3,46   | 5,99   | 5,63   | 4,38  | 12,36  |
| SrO . . . . .                            | 0,20  | 0,18   | 0,19   | 0,24   | —      | —     | 0,33   |
| BaO . . . . .                            | 0,67  | 0,59   | 0,62   | 1,23   | —      | —     | 0,89   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 1,39  | 1,21   | 1,67   | 1,37   | 2,21   | 1,60  | 0,90   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 11,76 | 11,91  | 11,16  | 9,81   | 11,50  | 10,73 | 7,99   |
| Li <sub>2</sub> O . . . . .              | Sp.   | Sp.    | Sp.    | Sp.    | —      | —     | Sp.    |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 2,71  | 1,01   | 2,61   | 1,72   | —      | 2,76  | 2,18   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,79  | 0,52   | 0,80   | 0,93   | —      |       | 2,04   |
| CO <sub>2</sub> . . . . .                | —     | 0,49   | —      | —      | —      | 1,82  | —      |
| Sa . . . . .                             | 99,97 | 100,21 | 100,40 | 100,62 | 100,27 | 99,58 | 100,11 |
| —O . . . . .                             | —0,21 | —0,17  | —0,19  | —0,22  | —      | —     | —0,20  |
| Sa . . . . .                             | 99,76 | 100,04 | 100,21 | 100,40 | —      | —     | 99,91  |
| Spez. Gew. . .                           | 2,686 | 2,699  | 2,627  | 2,779  | —      | —     | 2,857  |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 60,82 | 60,39 | 60,55 | 55,69 | 60,71 | 61,74 | 46,88 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,76  | 2,24  | 1,63  | 1,89  | —     | —     | 1,36  |
| ZrO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | 0,12  | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,64  | 0,75  | 0,84  | 0,89  | —     | —     | 0,71  |
| SO <sub>3</sub> . . . . .                | 0,24  | 0,13  | 0,05  | 0,61  | —     | —     | 0,48  |
| Cl . . . . .                             | 0,07  | 0,11  | 0,05  | 0,05  | —     | —     | 0,05  |
| F . . . . .                              | 1,78  | 1,26  | 1,61  | 1,76  | —     | —     | 1,67  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 6,28  | 6,68  | 7,43  | 7,34  | 8,04  | 8,95  | 5,93  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,36  | 1,42  | 1,32  | 1,40  | 6,26  | 0,26  | 2,14  |
| FeO . . . . .                            | 0,97  | 0,61  | 1,14  | 1,71  | —     | 3,35  | 0,99  |
| MnO . . . . .                            | 0,05  | 0,05  | 0,04  | 0,05  | —     | —     | 0,11  |
| MgO . . . . .                            | 11,33 | 11,04 | 10,86 | 11,75 | 8,20  | 10,81 | 17,90 |
| CaO . . . . .                            | 4,72  | 5,39  | 4,59  | 8,47  | 6,53  | 5,34  | 15,20 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 1,52  | 1,31  | 1,83  | 1,48  | 2,32  | 1,76  | 0,96  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 8,46  | 8,50  | 8,06  | 6,96  | 7,94  | 7,79  | 5,62  |



| N | Gestein   | Ort             | Lagerung | L     | M     | Q      | A     | C     | K <sup>s</sup> | MgO   | CaO   | O <sub>2</sub> F | Mt   | Analytiker |
|---|-----------|-----------------|----------|-------|-------|--------|-------|-------|----------------|-------|-------|------------------|------|------------|
| 1 | Orendit   | 15 mile Spring  |          | 50,24 | 49,12 | 0,64   | 9,98  | -3,70 | 8,46           | 11,33 | 4,77  | —                | —    | Hillebrand |
| 2 | "         | North Table Mt. |          | 52,44 | 47,44 | -0,88  | 9,81  | -3,13 | 8,50           | 11,04 | 5,39  | —                | —    | "          |
| 3 | Wyomingit | 15 mile Spring  |          | 59,44 | 45,74 | -5,18  | 9,89  | -2,26 | 8,06           | 10,86 | 4,59  | 0,04             | —    | "          |
| 4 | "         | Boars Tusk      |          | 58,72 | 50,56 | -9,28  | 8,44  | -1,10 | 6,96           | 11,75 | 8,47  | 1,46             | 0,60 | "          |
| 5 | "         | Lenzit Hill     |          | 64,32 | 46,82 | -11,14 | 10,26 | -2,22 | 7,94           | 8,20  | 6,53  | 4,04             | —    | Pawel      |
| 6 | "         | "               |          | 71,60 | 41,92 | -13,52 | 9,55  | -0,60 | 7,79           | 10,81 | 5,34  | 3,01             | —    | Woodward   |
| 7 | Madupit   | Pilot Butte     |          | 47,44 | 72,69 | -20,13 | 6,58  | -0,65 | 5,62           | 17,90 | 15,20 | —                | 2,59 | Hillebrand |

Literatur: W. Cross, Igneous Rocks of the Leucit Hills and Pilot Butte, Wyoming, Am. Journ. Sc. 154, 1897, S. 115—141.



## Montana I: Butte, Boulder, Montana, Marysville

## A. Gewichtsprozent.

|  | 1                     | 2   | 3     | 4                              | 5                              | 6     | 7       | 8                                   | 9       | 10                    | 11   | 12                | 13                   |
|--|-----------------------|---|-------|--------------------------------|--------------------------------|-------|---------|-------------------------------------|---------|-----------------------|--|-------------------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 67,12                 | 70,07   | 72,07 | 64,05                          | 63,88                          | 61,64 | 56,41   | 75,30                               | 67,55   | 62,53                 | 63,55  | 52,07             | 56,88                |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,48                  | 0,36  | 0,16  | 0,60                           | 0,65                           | 0,71  | 0,68    | 0,17                                | 0,34    | 0,65                  | 0,42   | 1,08              | 0,49                 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,15                  | 0,08  | 0,11  | 0,21                           | 0,21                           | 0,21  | 0,49    | Sp.                                 | 0,12    | 0,17                  | 0,21   | 0,40              | 0,13                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,00                 | 15,04   | 15,51 | 15,38                          | 15,84                          | 15,63 | 17,42   | 11,95                               | 15,98   | 19,01                 | 16,57  | 15,99             | 15,61                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,62                  | 0,70  | 0,31  | 2,20                           | 2,11                           | 3,39  | 1,24    | 2,17                                | 0,98    | 1,96                  | 2,36   | 4,77              | 2,95                 |
| FeO . . . . .                            | 2,23                  | 1,32  | 1,01  | 2,74                           | 2,59                           | 2,69  | 3,55    | —                                   | 1,02    | 1,44                  | 1,98   | 5,59              | 2,34                 |
| MnO . . . . .                            | 0,06                  | 0,03  | Sp.   | 0,11                           | 0,07                           | 0,04  | 0,08    | Sp.                                 | Sp.     | 0,03                  | 0,13   | —                 | —                    |
| MgO . . . . .                            | 1,74                  | 1,04  | 0,35  | 2,08                           | 2,13                           | 2,82  | 3,97    | 0,05                                | 1,11    | 1,29                  | 1,53   | 4,54              | 6,35                 |
| CaO . . . . .                            | 3,43                  | 2,46  | 1,93  | 4,30                           | 3,97                           | 4,90  | 8,66    | 0,62                                | 2,51    | 5,17                  | 4,69   | 7,50              | 5,23                 |
| SrO . . . . .                            | Sp.                   | —   | —     | 0,04                           | 0,02                           | 0,04  | 0,08    | Sp.                                 | 0,03    | 0,04                  | 0,04   | —                 | —                    |
| BaO . . . . .                            | 0,07                  | 0,10  | 4,02  | 0,08                           | 0,09                           | 0,08  | 0,09    | Sp.                                 | 0,11    | 0,13                  | 0,15   | —                 | —                    |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,76                  | 4,03  | —     | 2,74                           | 2,81                           | 2,64  | 3,35    | 3,09                                | 4,15    | 3,45                  | 9,78   | 2,97              | 3,59                 |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,52                  | 3,33  | 4,09  | 4,00                           | 4,23                           | 3,72  | 2,61    | 4,96                                | 2,86    | 3,30                  | 2,78   | 2,79              | 2,39                 |
| Sonstige Bestandteile                    | Li <sub>2</sub> O Sp. | Li <sub>2</sub> O 0,05<br>ZrO <sub>2</sub> 0,02 | —     | CO <sub>2</sub> 0,35<br>S 0,07 | SO <sub>3</sub> 0,34<br>Cl Sp. | —     | Cl 0,07 | SO <sub>3</sub> 0,44<br>Organ. 0,45 | Cl 0,05 | Li <sub>2</sub> O Sp. | SO <sub>3</sub> 0,06<br>CO <sub>2</sub> 0,69 | CO <sub>2</sub> — | CO <sub>2</sub> 0,00 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,58                  | 1,12  | 0,30  | 0,83                           | 0,66                           | 0,91  | 0,76    | 0,61                                | 2,76    | 0,45                  | 1,11   | 1,60              | 3,03                 |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,09                  | 0,70  | 0,03  | 0,27                           | 0,22                           | 0,28  | 0,14    | 0,36                                | 0,38    | 0,21                  | 0,31   | 0,34              | 0,67                 |
| Summa . . . . .                          | 99,85                 | 100,45  | 99,89 | 100,10                         | 99,82                          | 99,70 | 99,80   | 100,17                              | 99,65   | 99,83                 | 100,36                                       | 99,64             | 99,66                |

## B. Molekularprozent.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 74,01 | 77,25 | 78,81 | 71,44 | 71,33 | 69,03 | 61,93 | 83,45 | 76,35 | 70,12 | 71,22 | 58,82 | 63,41 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,40  | 0,33  | 0,13  | 0,47  | 0,54  | 0,60  | 0,59  | 0,13  | 0,27  | 0,54  | 0,34  | 0,95  | 0,40  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,07  | 0,01  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | 0,07  | 0,20  | —     | 0,07  | 0,06  | 0,13  | 0,20  | 0,07  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 9,72  | 9,72  | 9,97  | 10,03 | 10,38 | 10,28 | 11,46 | 7,78  | 10,42 | 12,52 | 10,96 | 10,64 | 10,23 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,66  | 0,26  | 0,13  | 0,94  | 0,87  | 1,41  | 0,46  | 0,93  | 0,41  | 0,87  | 1,01  | 2,03  | 1,27  |
| FeO . . . . .                            | 2,05  | 1,19  | 0,92  | 2,54  | 2,41  | 2,55  | 3,29  | —     | 0,95  | 1,35  | 1,88  | 5,28  | 2,14  |
| MnO . . . . .                            | 0,07  | —     | —     | 0,13  | 0,07  | —     | 0,07  | —     | —     | —     | 0,13  | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 2,91  | 1,72  | 0,59  | 3,48  | 3,55  | 4,77  | 6,52  | 0,07  | 1,91  | 2,15  | 2,56  | 7,72  | 10,64 |
| CaO . . . . .                            | 4,03  | 2,91  | 2,23  | 5,15  | 4,76  | 5,85  | 10,14 | 0,73  | 3,06  | 6,26  | 5,65  | 9,08  | 6,22  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,91  | 4,30  | 4,27  | 2,94  | 3,01  | 3,56  | 3,56  | 3,32  | 4,22  | 3,77  | 4,10  | 3,25  | 3,88  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,17  | 2,31  | 2,89  | 2,81  | 3,01  | 2,62  | 1,78  | 3,59  | 2,04  | 2,36  | 2,02  | 2,03  | 1,74  |



| Nr. | Gestein                        | Ort                                | Lagerung | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Ana-<br>lytiker |
|-----|--------------------------------|------------------------------------|----------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|-----------------|
| 1   | Granit (Typus Yosemite)        | Boulder, Butte Distrikt            |          | 63,20 | 10,84 | 25,96 | 6,08 | 3,64 | 3,17             | 2,91  | 0,39  | 1,46 | 1,32 | Stokes          |
| 2   | Granodiorit                    | Anaconda Range, Philipsburg Quadr. |          | 64,72 | 5,82  | 29,46 | 6,61 | 2,91 | 2,31             | 1,72  | -0,20 | 0,93 | 0,52 | Steiger         |
| 3   | Quarzmonzonit (Typus Yosemite) | Mill Creek, Bitterroot, Range      |          | 66,78 | 3,02  | 30,20 | 7,16 | 2,23 | 2,89             | 0,59  | -0,58 | 0,79 | 0,26 | Hillebrand      |
| 4   | Quarzmonzonit (Typus Yosemite) | Gagnon Mine, Butte                 |          | 63,12 | 14,04 | 22,84 | 5,75 | 4,28 | 2,81             | 3,48  | 0,87  | 1,73 | 1,88 | Stokes          |
| 5   | Quarzmonzonit (Typus Yosemite) | Walkerville, Station, Butte        |          | 65,60 | 12,86 | 21,54 | 6,02 | 4,36 | 3,01             | 3,55  | 0,40  | 1,61 | 1,74 | "               |
| 6   | Quarzmonzonit (Typus Yosemite) | Red Rock, Creek Boulder Mt.        |          | 62,88 | 16,66 | 20,46 | 5,44 | 4,84 | 2,62             | 4,77  | 1,01  | 1,14 | 2,82 | "               |
| 7   | Diorit                         | Red Mt. bei Butte                  |          | 67,20 | 27,80 | 5,00  | 5,34 | 6,12 | 1,78             | 6,52  | 4,02  | 2,90 | 0,92 | "               |
| 8   | Rhyolith                       | Red Mts. bei Rimini, Butte         |          | 58,34 | 1,07  | 40,59 | 6,91 | 0,73 | 3,59             | 0,07  | -0,14 | —    | 0,93 | "               |
| 9   | Rhyolithdazit-obsidian         | Big Butte, Butte                   |          | 63,42 | 5,72  | 30,86 | 6,26 | 3,06 | 2,04             | 1,91  | -1,10 | 0,54 | 0,82 | "               |
| 10  | Andesitporphyr                 | Hiawatha Creek, Butte              |          | 74,21 | 7,00  | 18,79 | 6,13 | 6,26 | 2,36             | 2,15  | -0,13 | 0,48 | 1,74 | "               |
| 11  | Quarzdiort                     | Woodchopper Gulch, Marysville      |          | 68,32 | 10,76 | 20,92 | 6,12 | 4,84 | 2,02             | 2,56  | 0,81  | 1,00 | 2,02 | Steiger         |
| 12  | Diorit                         | Mt. Belmont, Marysville            |          | 63,68 | 33,44 | 2,88  | 5,28 | 5,36 | 2,03             | 7,72  | 3,72  | 3,25 | 4,06 | "               |
| 13  | Hornblendeporphyr              | Bald Butte, Marysville             |          | 63,40 | 28,78 | 7,82  | 5,62 | 4,61 | 1,74             | 10,64 | 1,61  | 0,87 | 2,54 | "               |

Literatur: 1, 5, 6, 7, W. H. Weed, Journ. Geol. VII., 1899, S. 739. — 2. Emmons und Calkins, U. S. Geol. Surv. P. P. 74 1912, S. 45. — 3. W. Lindgren, U. S. Geol. Surv. P. P. 27, 1904, S. 18. — 4, 8, 10. Weed und Tower, U. S. Geol. Surv. Bull. 168, 1900, S. 119. — 9. Washington, Analyses, U. S. Geol. Surv. P. P. 99, 1917, S. 221. — 11, 12, 13. J. S. Barrel, U. S. Geol. Surv., P. P. 57, 1907, S. 45, 55.



## Montana II: Castle Mts. Haystack Park Co.

|  | A. Gewichtsprocente.  |       |                       |       |                       |                       |       |                               |       |       |         |   |   |                                  |
|--|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|---------|---|---|----------------------------------|
|  | 1                     | 2     | 3                     | 4     | 5                     | 6                     | 7     | 8                             | 9     | 10    | 11      | 12  | 13  | 14                               |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 72,48                 | 61,87 | 56,80                 | 65,87 | 72,38                 | 71,67                 | 74,90 | 46,52                         | 65,06 | 64,09 | 57,98   | 54,84   | 54,09   | 47,87                            |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,32                  | 0,87  | 0,46                  | 0,37  | 0,10                  | 0,10                  | 0,15  | 2,98                          | 0,61  | 0,49  | 0,90    | 0,99  | 0,99  | 1,02                             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —                     | —     | Sp.                   | —     | —                     | —                     | —     | 0,83                          | 0,18  | 0,24  | 0,43    | 0,35  | 0,35  | 0,41                             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 13,14                 | 17,26 | 18,30                 | 16,82 | 14,71                 | 15,82                 | 13,64 | 10,48                         | 14,71 | 16,20 | 17,01   | 16,41   | 16,00   | 16,34                            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,66                  | 2,35  | 1,64                  | 1,58  | 1,09                  | 1,18                  | 0,66  | 4,40                          | 2,82  | 2,61  | 3,34    | 3,63  | 2,92  | 3,59                             |
| FeO . . . . .                            | 1,02                  | 2,43  | 5,58                  | 1,23  | 0,82                  | 0,35                  | 0,50  | 7,79                          | 1,31  | 2,40  | 3,34    | 4,54  | 5,54  | 7,17                             |
| MnO . . . . .                            | Sp.                   | 0,03  | Sp.                   | Sp.   | Sp.                   | Sp.                   | Sp.   | —                             | 0,03  | 0,09  | 0,12    | —   | 0,15  | 0,14                             |
| MgO . . . . .                            | 0,15                  | 1,82  | 3,63                  | 1,54  | 0,70                  | 0,13                  | Sp.   | 10,58                         | 2,48  | 2,06  | 2,74    | 4,71  | 5,19  | 7,80                             |
| CaO . . . . .                            | 1,04                  | 3,23  | 5,31                  | 2,65  | 0,67                  | 0,25                  | Sp.   | 9,49                          | 3,43  | 4,51  | 7,35    | 6,64  | 7,37  | 10,33                            |
| SrO . . . . .                            | —                     | —     | —                     | —     | —                     | —                     | —     | —                             | 0,05  | 0,03  | 0,02    | 0,05  | 0,06  | —                                |
| BaO . . . . .                            | —                     | —     | 0,05                  | —     | —                     | —                     | —     | —                             | 0,10  | 0,15  | 0,06    | 0,12  | 0,10  | 0,03                             |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,22                  | 5,18  | 4,35                  | 4,72  | 4,28                  | 4,46                  | 4,22  | 3,12                          | 3,86  | 3,88  | 3,92    | 3,27  | 3,38  | 2,43                             |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,88                  | 3,83  | 3,28                  | 3,15  | 4,15                  | 4,45                  | 4,64  | 1,55                          | 3,48  | 2,51  | 2,02    | 2,83  | 2,67  | 0,92                             |
| Sonstige Bestandteile                    | —                     | —     | Li <sub>2</sub> O Sp. | —     | Li <sub>2</sub> O Sp. | Li <sub>2</sub> O Sp. | —     | CO <sub>2</sub> Sp.<br>X 0,73 | —     | —     | NiO Sp. | NiO<br>ZrO <sub>2</sub><br>CO <sub>2</sub> 0,00 | NiO<br>ZrO <sub>2</sub><br>CO <sub>2</sub> 0,00 | NiO 0,02<br>CO <sub>2</sub> 0,44 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,42                  | 1,07  | 0,53                  | 1,43  | 0,92                  | 1,21                  | 0,33  | 1,79                          | 1,10  | 0,44  | 0,49    | 0,93  | 0,77  | 1,25                             |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —                     | —     | —                     | —     | —                     | —                     | —     | —                             | 0,31  | 0,22  | 0,14    | 0,34  | 0,20  | 0,28                             |
| Sa. . . . .                              | 99,33                 | 99,94 | 99,93                 | 99,36 | 99,82                 | 99,62                 | 99,65 | 100,37                        | 99,53 | 99,92 | 99,86   | 99,65   | 99,78   | 100,04                           |
| Spez. Gew. . . .                         | 2,62                  | 2,67  | 2,83                  | 2,62  | 2,61                  | 2,60                  | 2,61  | 2,99                          | —     | —     | —       | —   | —   | —                                |
|  | B. Molekularprocente. |       |                       |       |                       |                       |       |                               |       |       |         |   |   |                                  |
|  | 1                     | 2     | 3                     | 4     | 5                     | 6                     | 7     | 8                             | 9     | 10    | 11      | 12  | 13  | 14                               |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 80,10                 | 69,39 | 62,67                 | 73,64 | 79,77                 | 80,25                 | 81,95 | 49,70                         | 72,36 | 70,87 | 64,40   | 61,10   | 59,42   | 52,26                            |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,28                  | 0,74  | 0,40                  | 0,33  | 0,07                  | 0,06                  | 0,13  | 2,37                          | 0,54  | 0,40  | 0,74    | 0,87  | 0,86  | 0,85                             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —                     | —     | —                     | —     | —                     | —                     | —     | 0,38                          | 0,07  | 0,13  | 0,20    | 0,20  | 0,20  | 0,20                             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,55                  | 11,32 | 11,85                 | 11,07 | 9,52                  | 10,41                 | 8,50  | 6,61                          | 9,61  | 10,55 | 11,13   | 10,70   | 10,34   | 10,48                            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,66                  | 1,00  | 0,66                  | 0,67  | 0,46                  | 0,47                  | 0,26  | 1,80                          | 1,20  | 1,06  | 1,40    | 1,54  | 1,19  | 1,51                             |
| FeO . . . . .                            | 0,93                  | 2,28  | 5,16                  | 1,14  | 0,73                  | 0,34                  | 0,46  | 6,93                          | 1,20  | 2,19  | 3,07    | 4,21  | 5,07  | 6,55                             |
| MnO . . . . .                            | —                     | —     | —                     | —     | —                     | —                     | —     | 0,13                          | 0,20  | 0,07  | 0,13    | —   | 0,13  | 0,13                             |
| MgO . . . . .                            | 0,27                  | 3,08  | 6,02                  | 2,62  | 1,19                  | 0,20                  | 0,00  | 17,00                         | 4,14  | 3,45  | 4,80    | 7,89  | 8,56  | 12,77                            |
| CaO . . . . .                            | 1,26                  | 3,88  | 6,29                  | 3,15  | 0,79                  | 0,27                  | 0,72  | 10,84                         | 4,07  | 5,31  | 8,73    | 7,95  | 8,70  | 12,05                            |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,51                  | 5,56  | 4,63                  | 5,10  | 4,56                  | 4,84                  | 4,46  | 3,21                          | 4,14  | 4,18  | 4,20    | 3,54  | 3,62  | 2,55                             |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,45                  | 2,75  | 2,32                  | 2,28  | 2,91                  | 3,16                  | 3,22  | 1,03                          | 2,47  | 1,79  | 1,40    | 2,00  | 1,91  | 0,65                             |



| N  | Gestein              | Ort                                 | Lagerung | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|----------------------|-------------------------------------|----------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1  | Granit               | Elk Peak, Castle Mts.               |          | 66,00 | 3,76  | 30,24 | 7,96 | 0,58 | 3,45             | 0,27  | 0,68  | 0,27 | 1,32 | Pirsson    |
| 2  | Dioritischer Syenit  | Cottonwood, Creek, Castle Mts.      |          | 78,52 | 12,46 | 9,02  | 8,31 | 3,01 | 2,75             | 3,08  | 0,87  | 1,28 | 2,00 | "          |
| 3  | Diorit               | Robinson Mts.                       |          | 75,20 | 25,14 | —0,34 | 6,95 | 4,90 | 2,32             | 6,02  | 1,39  | 4,50 | 1,32 | "          |
| 4  | Porphy               | Castle, Castle Mts.                 |          | 72,18 | 7,52  | 20,30 | 7,38 | 3,15 | 2,28             | 2,62  | —0,54 | 0,47 | 1,34 | "          |
| 5  | Quarzporphyr         | Fourmile Creek — Checkerboard Creek |          | 64,18 | 3,84  | 31,98 | 7,47 | 0,79 | 2,91             | 1,19  | —1,26 | 0,27 | 0,92 | "          |
| 6  | Quarzporphyr         | Musselshell River, Castle Mts.      |          | 67,22 | 1,21  | 31,57 | 8,00 | 0,27 | 3,16             | 0,20  | —2,14 | —    | 0,81 | "          |
| 7  | Rhyolithe            | Fourm. Creek, Castle Mts.           |          | 64,72 | 0,92  | 34,36 | 7,68 | 0,72 | 3,22             | 0,00  | —0,40 | 0,20 | 0,52 | "          |
| 8  | Basalt               | Volcano Butte, Castle Mts.          |          | 43,40 | 65,05 | —8,45 | 4,24 | 2,37 | 1,03             | 17,00 | 8,47  | 5,26 | 3,60 | "          |
| 9  | Granodiorit          | Haystack Stock, Park Co.            |          | 64,88 | 13,22 | 21,90 | 6,61 | 3,00 | 2,47             | 4,14  | 1,07  | 0,20 | 2,40 | Steiger    |
| 10 | Granodioritporphyr   | " " "                               |          | 66,08 | 12,88 | 21,04 | 5,97 | 4,58 | 1,79             | 3,45  | 0,73  | 1,20 | 2,12 | "          |
| 11 | Quarzdiorit          | " " "                               |          | 66,92 | 22,00 | 11,08 | 5,60 | 5,53 | 1,40             | 4,60  | 3,20  | 1,80 | 2,80 | "          |
| 12 | Quarzorthoklasgabbro | " " "                               |          | 64,96 | 29,78 | 5,26  | 5,54 | 5,16 | 2,00             | 7,89  | 2,79  | 2,67 | 3,08 | "          |
| 13 | Orthoklasgabbro      | " Mt. " "                           |          | 63,48 | 35,30 | 1,22  | 5,53 | 4,81 | 1,91             | 8,56  | 3,89  | 4,01 | 2,38 | "          |
| 14 | Olivingabbro         | " " "                               |          | 54,72 | 48,44 | —3,16 | 3,20 | 7,28 | 0,65             | 12,77 | 4,77  | 5,17 | 3,02 | "          |

Literatur: 1—8. Weed und Pirsson, U. S. Geol. Survey, B. 139, 1896, S. 88, 90, 99, 103, 106, 120, 130.







| N  | Gestein                     | Ort                         | Lage-<br>rung                             | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|-----------------------------|-----------------------------|---|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1  | Granitit                    | Big Timber Creek, Crazy Mt. |   | 61,60  | 2,74  | 35,66  | 7,01  | 1,38  | 4,26             | 0,59  | 0,06  | 0,39 | 0,66 | Hillebrand |
| 2  | Granitit                    | " "                         |   | 67,88  | 15,64 | 16,48  | 7,04  | 2,89  | 2,24             | 4,40  | 1,38  | 1,12 | 1,84 | "          |
| 3  | Syenit                      | Shields River Basin, "      |   | 89,76  | 14,42 | -4,18  | 10,43 | 1,58  | 2,61             | 2,61  | 2,95  | 0,28 | 2,74 | "          |
| 4  | Diorit                      | Rock Creek, "               |   | 59,96  | 36,60 | 3,44   | 5,27  | 4,45  | 2,16             | 7,88  | 7,94  | 2,16 | 0,64 | "          |
| 5  | Diorit                      | Big Timber Creek, "         |   | 76,04  | 26,26 | -2,30  | 5,75  | 7,51  | 1,35             | 5,89  | 2,84  | 3,05 | 2,70 | "          |
| 6  | Quarzdiorit                 | Sweet Grass Creek, "        |   | 72,76  | 25,10 | 2,14   | 5,44  | 7,31  | 1,01             | 6,17  | 1,75  | 3,62 | 2,02 | "          |
| 7  | Nephelin-<br>syenit         | Peaked Butte, "             | Lakko-<br>lithe<br>und<br>Lager-<br>gänge | 92,24  | 16,52 | -8,76  | 12,43 | -0,90 | 3,06             | 1,39  | 2,85  | 0,83 | 0,98 | Melville   |
| 8  | Theralith                   | Alaugh Creek, "             |   | 81,28  | 40,76 | -22,04 | 8,20  | 3,92  | 2,78             | 10,76 | 5,76  | 2,30 | 3,12 | Schneider  |
| 9  | Theralith                   | Gordons Butte, "            |   | 76,40  | 49,86 | -26,26 | 9,83  | -0,28 | 3,37             | 9,06  | 12,01 | 0,63 | 4,78 | Hillebrand |
| 10 | Olivingabbro                | Big Timber Creek, "         |   | 39,44  | 73,56 | -6,00  | 1,70  | 4,71  | 0,39             | 18,91 | 7,92  | 5,96 | 7,98 | "          |
| 11 | Hornblende-<br>pikrit       | Conical Peak, "             |   | 34,68  | 73,08 | -7,76  | 2,11  | 4,45  | 0,56             | 21,27 | 7,11  | 6,43 | 3,46 | Eakins     |
| 12 | Granit-<br>porphyr          | Nord Crazy Mts., "          |   | 72,76  | 4,06  | 23,18  | 8,43  | 1,33  | 2,79             | 1,00  | 0,40  | —    | 1,26 | Hillebrand |
| 13 | Porphyrit                   | Sweet Grass Creek, "        |   | 74,88  | 10,00 | 15,12  | 7,46  | 3,80  | 2,63             | 2,07  | 0,66  | 1,94 | 0,66 | "          |
| 14 | "                           | " "                         |   | 69,40  | 11,44 | 19,16  | 6,90  | 3,55  | 2,30             | 3,22  | 0,59  | 1,58 | 0,66 | "          |
| 15 | "                           | Three Peaks, "              |   | 76,32  | 13,14 | 10,54  | 8,01  | 3,06  | 2,78             | 2,78  | 1,35  | 1,22 | 2,44 | "          |
| 16 | "                           | Shields River Basin, "      |   | 71,80  | 22,26 | 5,94   | 7,05  | 3,85  | 2,44             | 5,49  | 2,59  | 1,02 | 4,06 | "          |
| 17 | Acmittachyt<br>(Sölsbergit) | Sixteenmiles Creek, "       |   | 91,92  | 4,04  | 4,04   | 11,23 | 0,52  | 3,14             | 0,61  | 0,15  | —    | 2,52 | Melville   |
| 18 | Acmittachyt<br>(Sölsbergit) | Nord-Crazy Mts., "          |   | 94,80  | 5,78  | -0,58  | 11,20 | 1,30  | 2,82             | 1,24  | 0,62  | 0,14 | 1,78 | "          |
| 19 | Acmittachyt<br>(Sölsbergit) | Shields River, "            |   | 105,04 | 7,82  | -12,86 | 13,02 | 0,22  | 3,36             | 1,33  | 1,53  | —    | 2,10 | "          |

Literatur: 1—7, 10, 12—16. J. E. Wolff, U. S. Geol. Surv. Bull. 148, 1897, S. 142—144.  
 8. Washington, Chem. Analyses. U. S. Geol. Surv. P. P. 99, 1917, S. 425.  
 9, 17—19. J. E. Wolff, U. S. Geol. Surv. Bull. 150, 1898, S. 201, 277, 309.



## Mt. Montana IV: Little Belt.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1                             | 2                             | 3                             | 4  | 5  | 6                              | 7                               | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   | 13   | 14   |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|--|--------------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|--|--|--|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 68,60                         | 67,44                         | 67,04                         | 64,64  | 62,58  | 62,18                          | 64,95                           | 61,65   | 54,42   | 52,26   | 55,13   | 48,98  | 48,35  | 48,39  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,32                          | 0,32                          | 0,20                          | 0,51   | 0,40   | 0,55                           | 0,39                            | 0,56  | 0,80  | 0,58  | 0,74  | 1,44   | 0,52   | 0,78   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,18                          | 0,21                          | 0,21                          | 0,37   | 0,33   | 0,32                           | 0,25                            | 0,33  | 0,59  | 0,52  | 0,40  | 0,98   | 0,40   | 0,45   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 16,13                         | 15,78                         | 15,25                         | 16,27  | 16,42  | 15,77                          | 15,44                           | 15,07   | 14,28   | 13,96   | 20,27   | 12,29  | 13,27  | 11,64  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,22                          | 1,58                          | 1,69                          | 2,42   | 2,46   | 1,83                           | 2,02                            | 2,03  | 3,32  | 2,76  | 1,52  | 2,88   | 4,38   | 4,09   |
| FeO . . . . .                            | 0,44                          | 0,85                          | 1,13                          | 1,58   | 1,96   | 2,44                           | 1,60                            | 2,25  | 4,13  | 4,45  | 4,29  | 5,77   | 3,23   | 3,57   |
| MnO . . . . .                            | Sp.                           | Sp.                           | 0,05                          | Sp.  | 0,08   | Sp.                            | Sp.                             | 0,09  | 0,10  | 0,14  | 0,13  | 0,08   | 0,19   | Sp.  |
| MgO . . . . .                            | 0,72                          | 1,43                          | 1,75                          | 1,27   | 1,84   | 3,55                           | 2,65                            | 3,67  | 6,12  | 8,21  | 1,80  | 9,19   | 8,36   | 12,55  |
| CaO . . . . .                            | 1,36                          | 2,38                          | 2,17                          | 2,65   | 2,47   | 4,13                           | 3,07                            | 4,61  | 7,72  | 7,06  | 7,05  | 9,65   | 9,94   | 7,64   |
| StrO . . . . .                           | 0,09                          | 0,29                          | 0,03                          | 0,08   | 0,10   | 0,16                           | 0,10                            | 0,10  | 0,13  | 0,05  | 0,11  | 0,08   | 0,09   | 0,15   |
| BaO . . . . .                            | 0,27                          | 0,24                          | 0,33                          | 0,18   | 0,41   | 0,43                           | 0,35                            | 0,27  | 0,32  | 0,23  | 0,06  | 0,43   | 0,54   | 0,32   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,37                          | 4,11                          | 4,09                          | 4,39   | 4,41   | 3,92                           | 4,25                            | 4,35  | 3,44  | 2,80  | 4,31  | 2,22   | 3,35   | 4,16   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,89                          | 4,87                          | 5,10                          | 4,98   | 3,91   | 3,91                           | 3,87                            | 4,50  | 4,22  | 3,87  | 2,84  | 4,96   | 3,01   | 3,26   |
| Sonstige Bestandteile                    | SO <sub>3</sub> Sp.<br>Cl Sp. | SO <sub>3</sub> Sp.<br>Cl Sp. | SO <sub>3</sub> Sp.<br>Cl Sp. | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>CO <sub>2</sub> 0,37<br>Cl 0,05 | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>CO <sub>2</sub> 0,77<br>Cl 0,04 | SO <sub>3</sub> Sp.<br>Cl 0,04 | SO <sub>3</sub> 0,02<br>Cl 0,04 | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp. | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>ZrO <sub>2</sub> Sp. | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>CO <sub>2</sub> 0,49 | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>CO <sub>2</sub> 0,26 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>F 0,22 | NiO 0,04<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>F 0,25<br>CO <sub>2</sub> 0,30 | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,07<br>SO <sub>3</sub> 0,08<br>NiO 0,00<br>CO <sub>2</sub> 0,00 |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,58                          | 0,70                          | 0,56                          | 0,27   | 1,40   | 0,70                           | 0,85                            | 0,41  | 0,38  | 1,34  | 0,95  | 0,56   | 2,59   | 2,56   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,20                          | 0,32                          | 0,21                          | 0,09   | 0,38   | 0,30                           | 0,26                            | 0,26  | 0,92  | 1,54  | 0,14  | 0,26   | 0,90   | 0,28   |
| Summa . . . . .                          | 100,37                        | 100,52                        | 99,81                         | 100,12   | 100,08   | 100,20                         | 100,11                          | 100,15  | 100,19  | 100,26  | 100,00  | 99,99  | 100,01   | 99,94  |
| Spez. Gewicht                            |                               |                               |                               |  |  |                                |                                 |   |   |   |   |  |  |  |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 76,60 | 74,83 | 74,17 | 72,49 | 71,44 | 68,65 | 71,86 | 67,50 | 59,16 | 57,42 | 62,53 | 52,61 | 54,03 | 51,79 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,27  | 0,27  | 0,20  | 0,40  | 0,33  | 0,46  | 0,34  | 0,46  | 0,65  | 0,46  | 0,61  | 1,16  | 0,47  | 0,56  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,07  | 0,07  | 0,07  | 0,20  | 0,14  | 0,13  | 0,13  | 0,12  | 0,26  | 0,26  | 0,20  | 0,45  | 0,20  | 0,19  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,59 | 10,25 | 9,96  | 10,76 | 11,03 | 10,21 | 10,02 | 9,72  | 9,13  | 9,03  | 13,47 | 7,74  | 8,71  | 7,31  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,94  | 0,67  | 0,73  | 1,01  | 1,03  | 0,73  | 0,86  | 0,85  | 1,37  | 1,12  | 0,61  | 1,16  | 1,81  | 1,60  |
| FeO . . . . .                            | 0,40  | 0,80  | 1,00  | 1,48  | 1,92  | 2,19  | 1,46  | 2,04  | 3,85  | 4,09  | 4,08  | 5,22  | 2,95  | 3,14  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | 0,07  | 0,07  | 0,13  | 0,14  | 0,06  | 0,20  | —     |
| MgO . . . . .                            | 1,21  | 2,40  | 3,25  | 2,15  | 3,15  | 5,90  | 4,38  | 6,04  | 9,98  | 13,51 | 3,06  | 14,83 | 14,01 | 20,14 |
| CaO . . . . .                            | 1,61  | 2,86  | 2,59  | 3,16  | 3,08  | 4,84  | 3,65  | 5,45  | 9,00  | 8,31  | 8,57  | 11,09 | 11,86 | 8,79  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,76  | 4,39  | 4,38  | 4,78  | 5,00  | 4,17  | 4,58  | 4,60  | 3,59  | 2,97  | 4,69  | 2,26  | 3,62  | 4,30  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,55  | 3,46  | 3,65  | 3,57  | 2,81  | 2,72  | 2,72  | 3,15  | 2,94  | 2,70  | 2,04  | 3,42  | 2,14  | 2,18  |



| Nr. | Gestein                       | Ort                                 | Lagerung | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Ana-<br>lytiker |
|-----|-------------------------------|-------------------------------------|----------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|-----------------|
| 1   | Granitporphyr                 | Mt. Barker, Little<br>Belt Mts.     |          | 73,59 | 3,76  | 22,65  | 8,31 | 1,61 | 3,55             | 1,21  | —0,67 | —    | 1,34 | Hille-<br>brand |
| 2   | "                             | Thunder Mt., Little<br>Belt Mts.    |          | 72,40 | 7,32  | 20,28  | 7,85 | 2,40 | 3,46             | 2,40  | 0,46  | 0,13 | 1,34 | Stokes          |
| 3   | Quarzsyenitporphyr            | Big Balder Mt.,<br>Little Belt Mts. |          | 71,96 | 9,82  | 18,22  | 8,03 | 1,93 | 3,65             | 3,25  | 0,66  | 0,27 | 1,46 | Hille-<br>brand |
| 4   | Syenit                        | Mt. Barker,<br>Little Belt Mts.     |          | 76,44 | 8,76  | 14,80  | 8,35 | 2,41 | 3,57             | 2,15  | 0,75  | 0,47 | 2,02 | "               |
| 5   | Syenitporphyr                 | Am Yogo Peak,<br>Little Belt Mts.   |          | 74,94 | 10,28 | 14,78  | 7,81 | 3,08 | 2,81             | 3,15  | —0,14 | 0,96 | 2,06 | "               |
| 6   | Dioritporphyr                 | Steamboat Mt.,<br>Little Belt Mts.  |          | 68,40 | 19,22 | 12,38  | 6,89 | 3,32 | 2,72             | 5,90  | 1,52  | 1,46 | 1,46 | "               |
| 7   | Monzonitporphyr               | Bear Park, Little<br>Belt Mts.      |          | 69,28 | 13,54 | 17,18  | 7,30 | 2,72 | 2,72             | 4,38  | 0,93  | 0,60 | 1,72 | Stokes          |
| 8   | Augithornblendende-<br>syenit | Yogo Peak,<br>Östlicher Rücken      |          | 69,88 | 23,26 | 6,86   | 7,75 | 1,97 | 3,15             | 6,04  | 3,48  | 1,26 | 1,70 | Hillebrand      |
| 9   | Yogoit                        | Yogo Peak,<br>Mittlerer Gipfel      |          | 62,64 | 40,60 | —3,24  | 6,53 | 2,60 | 2,94             | 9,98  | 6,40  | 2,55 | 2,74 | "               |
| 10  | Augitminette                  | Sheep Creek,<br>Mittlerer Gipfel    |          | 58,80 | 45,36 | —4,16  | 5,67 | 3,36 | 2,70             | 13,51 | 4,95  | 3,10 | 2,24 | "               |
| 11  | Diorit                        | Bei Neihart                         |          | 80,80 | 18,22 | 0,98   | 6,73 | 6,74 | 2,04             | 3,06  | 1,83  | 3,61 | 1,22 | "               |
| 12  | Shonkinit                     | Yogo Peak,<br>Westabhang            |          | 53,68 | 58,28 | —11,96 | 5,68 | 2,06 | 3,42             | 14,83 | 9,03  | 4,12 | 2,32 | "               |
| 13  | Analzimbassalt                | Big Baldy Mt.<br>Westabhang         |          | 57,88 | 52,14 | —10,02 | 5,76 | 2,95 | 2,14             | 14,01 | 8,31  | 1,34 | 3,62 | "               |
| 14  | "                             | Bandbox Mt.                         |          | 55,16 | 62,48 | —17,64 | 6,48 | 0,83 | 2,18             | 20,14 | 7,96  | 1,54 | 3,20 | "               |

Literatur: 1—14, L. V. Pirsson, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 20, III. 1900, S. 466, 473, 478, 484, 490, 509, 511, 514, 517, 519, 531, 545, 548.



## Montana V: Hihgwood Mts.

## A. Gewichtsprozent.

|  | 1                    | 2       | 3                    | 4                   | 5                    | 6                    | 7                     | 8                    | 9       | 10                   | 11                   | 12                  | 13                   | 14                   |
|--|----------------------|---------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 65,54                | 56,45   | 51,00                | 51,75               | 52,05                | 51,94                | 47,88                 | 49,59                | 46,73   | 46,06                | 57,18                | 58,04               | 55,23                | 59,24                |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,11                 | 0,29    | 0,13                 | 0,23                | 0,47                 | 0,39                 | 0,77                  | 0,36                 | 0,78    | 0,73                 | 0,30                 | 0,30                | 0,42                 | 0,22                 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —                    | 0,13    | 0,33                 | 0,18                | 0,21                 | 0,59                 | 1,11                  | 0,15                 | 1,51    | 0,21                 | 0,05                 | 0,22                | 0,58                 | 0,34                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,81                | 20,08   | 17,21                | 14,52               | 15,02                | 15,78                | 12,10                 | 14,51                | 10,05   | 10,01                | 18,54                | 17,24               | 18,31                | 13,84                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,74                 | 1,31    | 4,23                 | 5,08                | 2,65                 | 4,07                 | 3,53                  | 3,51                 | 3,53    | 3,17                 | 3,65                 | 2,49                | 4,90                 | 5,46                 |
| FeO . . . . .                            | 1,15                 | 4,39    | 2,41                 | 3,58                | 5,52                 | 3,17                 | 4,80                  | 5,53                 | 8,20    | 5,61                 | 1,15                 | 1,26                | 2,06                 | 1,86                 |
| MnO . . . . .                            | Sp.                  | 0,09    | Sp.                  | Sp.                 | Sp.                  | Sp.                  | 0,15                  | Sp.                  | 0,28    | Sp.                  | Sp.                  | Sp.                 | Sp.                  | Sp.                  |
| MgO . . . . .                            | 0,98                 | 0,63    | 6,19                 | 4,55                | 5,39                 | 3,48                 | 8,64                  | 6,17                 | 9,27    | 14,71                | 0,69                 | 1,79                | 1,85                 | 4,79                 |
| CaO . . . . .                            | 1,92                 | 2,14    | 9,15                 | 7,04                | 8,14                 | 6,04                 | 9,35                  | 9,04                 | 13,22   | 10,55                | 2,31                 | 3,50                | 3,62                 | 5,60                 |
| SrO . . . . .                            | —                    | —       | 0,14                 | 0,07                | 0,28                 | 0,28                 | 0,13                  | 0,21                 | —       | 0,20                 | Sp.                  | —                   | Sp.                  | —                    |
| BaO . . . . .                            | —                    | —       | 0,34                 | 0,30                | 0,42                 | 0,42                 | 0,46                  | 0,49                 | —       | 0,32                 | 0,49                 | —                   | 0,46                 | —                    |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,55                 | 5,61    | 2,88                 | 2,93                | 3,17                 | 3,44                 | 2,94                  | 3,52                 | 1,81    | 1,31                 | 4,48                 | 3,37                | 3,13                 | Sp.                  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 5,58                 | 7,13    | 4,93                 | 7,61                | 6,10                 | 7,69                 | 5,61                  | 5,60                 | 3,76    | 5,14                 | 8,58                 | 10,06               | 6,43                 | 4,26                 |
| Sonstige Bestandteile                    | Li <sub>2</sub> O Sp | Cl 0,43 | SO <sub>3</sub> 0,03 | SO <sub>3</sub> Sp. | SO <sub>3</sub> 0,02 | SO <sub>3</sub> 0,29 | CO <sub>2</sub> 0,12  | SO <sub>2</sub> 0,02 | Cl 0,18 | SO <sub>3</sub> 0,05 | SO <sub>2</sub> 0,06 | SO <sub>3</sub> Sp. | SO <sub>3</sub> 0,23 | SO <sub>2</sub> 0,08 |
|  |                      | NiO Sp. | Cl Sp.               | Cl 0,05             | Cl 0,24              | Cl 0,08              | ZrO <sub>2</sub> 0,03 | Cl 0,13              |         | Cl 0,03              | Cl 0,77              | Cl 0,38             | Cl 0,32              | CO <sub>2</sub> —    |
| H <sub>2</sub> O + . . .                 | 0,54                 | 1,51    | 0,63                 | 2,25                | 0,35                 | 2,17                 | 1,52                  | 1,95                 | 1,24    | 1,44                 | 2,10                 | 1,95                | 1,84                 | 2,02                 |
| H <sub>2</sub> O — . . .                 | —                    | 0,26    | —                    | —                   | —                    | —                    | 0,70                  | —                    | —       | —                    | —                    | —                   | —                    | —                    |

## B. Molekularprozent.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 72,95 | 65,71 | 56,68 | 59,03 | 57,43 | 60,47 | 52,64 | 55,02 | 49,40 | 47,79 | 68,12 | 67,00 | 65,23 | 65,98 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,07  | 0,28  | 0,13  | 0,21  | 0,40  | 0,35  | 0,66  | 0,33  | 0,62  | 0,56  | 0,29  | 0,28  | 0,35  | 0,21  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | 0,07  | 0,13  | 0,07  | 0,07  | 0,28  | 0,52  | 0,06  | 0,70  | 0,07  | —     | 0,14  | 0,28  | 0,13  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,69 | 13,76 | 11,27 | 9,71  | 9,73  | 10,82 | 7,85  | 9,45  | 6,28  | 6,10  | 13,01 | 11,71 | 12,68 | 9,09  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,33  | 0,56  | 1,73  | 2,39  | 1,13  | 1,82  | 1,45  | 1,46  | 1,40  | 1,24  | 1,64  | 1,04  | 2,20  | 2,27  |
| FeO . . . . .                            | 1,07  | 4,26  | 2,20  | 3,42  | 5,03  | 3,07  | 4,42  | 5,06  | 7,23  | 4,85  | 1,14  | 1,18  | 2,05  | 1,27  |
| MnO . . . . .                            | —     | 0,07  | —     | —     | —     | —     | 0,13  | —     | 0,25  | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 1,67  | 1,12  | 10,33 | 7,80  | 8,93  | 6,08  | 14,25 | 10,25 | 14,71 | 22,96 | 1,22  | 3,12  | 3,26  | 8,02  |
| CaO . . . . .                            | 2,27  | 2,65  | 10,87 | 8,62  | 9,60  | 7,54  | 11,02 | 10,65 | 14,97 | 11,70 | 2,93  | 4,30  | 4,53  | 6,68  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 6,01  | 6,28  | 3,13  | 3,21  | 3,38  | 3,84  | 3,10  | 3,73  | 1,90  | 1,31  | 5,15  | 3,81  | 4,60  | 3,34  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,94  | 5,24  | 3,53  | 5,54  | 4,30  | 5,73  | 3,96  | 3,99  | 2,54  | 3,42  | 6,50  | 7,42  | 4,82  | 3,01  |



| Nr. | Gestein             | Ort                        | Lagerung | L      | M     | Q     | A     | C     | K <sup>o</sup> | MgO   | CaO   | O <sub>2</sub> H | Mt   | Analytiker |
|-----|---------------------|----------------------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|------------------|------|------------|
| 1   | Quarzensyenit       | Highwood Peak              |          | 86,56  | 6,54  | 6,90  | 9,95  | 1,74  | 3,94           | 1,67  | 0,53  | 0,74             | 0,66 | Pirsson    |
| 2   | Sodalithsyenit      | Square Butte               |          | 101,12 | 11,72 | —     | 12,84 | 11,52 | 2,24           | 5,24  | 1,12  | 0,41             | 3,77 | Melville   |
| 3   | Monzonit            | Highwood Peak              |          | 71,72  | 37,58 | —     | 9,30  | 6,66  | 4,61           | 3,53  | 10,33 | 6,26             | 0,47 | Hurlbut    |
| 4   | Fergusit            | Shonkin Creek              |          | 73,84  | 37,76 | —     | 11,60 | 8,75  | 0,96           | 5,54  | 7,80  | 7,66             | 1,03 | "          |
| 5   | Basischer Syenit    | Middle Peak                |          | 69,64  | 43,02 | —     | 12,66 | 7,68  | 2,05           | 4,30  | 8,93  | 7,55             | 3,90 | "          |
| 6   | Syenitporphyr       | Shonkin Creek              |          | 81,52  | 30,86 | 12,38 | 9,56  | 1,26  | 5,73           | 6,08  | 6,28  | 1,25             | 3,64 | Bradley    |
| 7   | Shonkinit           | Shonkin Sag                |          | 59,64  | 58,06 | —     | 17,70 | 7,06  | 0,79           | 3,96  | 14,25 | 10,23            | 3,10 | Hillebrand |
| 8   | Leuzitshonkinit     | Ost Peak, Highwood Mt.     |          | 68,68  | 48,46 | —     | 17,14 | 7,72  | 1,73           | 3,99  | 10,25 | 8,92             | 3,60 | Hurlbut    |
| 9   | Shonkinit           | Square Butte               |          | 42,88  | 70,64 | 13,52 | 4,44  | 1,84  | 2,54           | 14,71 | 13,13 | 6,08             | 2,80 | Pirsson    |
| 10  | Missourit           | Shonkin Creek              |          | 43,32  | 76,28 | 19,60 | 4,73  | 1,37  | 3,42           | 22,96 | 10,33 | 3,61             | 2,43 | Hurlbut    |
| 11  | Soelvsbergitporphyr | South Mt., Highwood Mt.    |          | 98,64  | 8,36  | —     | 7,00  | 11,65 | 1,36           | 6,50  | 1,22  | 1,57             | —    | Foote      |
| 12  | Tinguaityporphyr    | Highwood Gap, Highwood Mt. |          | 91,76  | 16,24 | —     | 8,00  | 11,23 | 0,48           | 7,42  | 3,12  | 3,82             | 0,14 | Hurlbut    |
| 13  | Gaueit              | Aspen Creek, Highwood Mt.  |          | 88,40  | 13,31 | 1,71  | 9,42  | 3,26  | 4,82           | 3,26  | 1,27  | —                | —    | Foote      |
| 14  | Trachyandesit       | Nordgabel des Willow Creek |          | 61,76  | 27,46 | 10,78 | 6,35  | 2,74  | 3,01           | 8,02  | 3,94  | —                | —    | Hurlbut    |

Literatur: 1. Weed und Pirsson, Am. Journ. Sc. I, 1896, S. 295. — 2. Lindgren und Melville, Am. Journ. XLV, 1893, S. 296. — 3.—14. L. V. Pirsson, U. S. Geol. Surv. Bull. 237, 1905, S. 74, 79, 92, 102, 109, 113, 117, 123, 128, 134, 139, 164.



## Montana VI: Bearpaw Mts. Elkhorn-Distrikt.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1       | 2                               | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  | 8                              | 9      | 10     | 11                              |
|--|---------|---------------------------------|---|---|---|--|--|--------------------------------|--------|--------|---------------------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 68,34   | 66,22                           | 52,81   | 57,46   | 51,93   | 50,00  | 46,51  | 64,31                          | 60,84  | 47,44  | 59,64                           |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,21    | 0,22                            | 0,71  | 0,60  | 0,20  | 0,73   | 0,83   | 0,71                           | —      | 1,38   | 1,08                            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,13    | 0,10                            | 0,75  | 0,21  | 0,06  | 0,81   | 0,80   | 0,22                           | —      | 0,68   | 0,49                            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,32   | 16,22                           | 15,66   | 15,40   | 20,29   | 9,87   | 11,86  | 15,44                          | 16,36  | 18,21  | 16,64                           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,90    | 1,98                            | 3,06  | 4,87  | 3,59  | 3,46   | 7,59   | 2,43                           | 2,40   | 5,37   | 2,33                            |
| FeO . . . . .                            | 0,84    | 0,16                            | 4,76  | 0,87  | 1,20  | 5,01   | 4,39   | 2,58                           | 3,23   | 6,05   | 4,35                            |
| MnO . . . . .                            | 0,07    | Sp.                             | Sp.   | Sp.   | Sp.   | Sp.  | 0,22   | Sp.                            | —      | 0,06   | Sp.                             |
| MgO . . . . .                            | 0,54    | 0,77                            | 4,99  | 1,37  | 0,22  | 11,92  | 4,73   | 2,21                           | 3,85   | 5,53   | 2,10                            |
| CaO . . . . .                            | 0,92    | 1,32                            | 7,57  | 2,59  | 1,65  | 8,31   | 7,41   | 4,22                           | 4,96   | 9,98   | 4,59                            |
| SrO . . . . .                            | 0,07    | 0,06                            | 0,09  | 0,16  | 0,07  | 0,07   | 0,16   | Sp.                            | —      | 0,08   | 0,05                            |
| BaO . . . . .                            | 0,08    | 0,29                            | 0,24  | 0,60  | 0,09  | 0,32   | 0,50   | 0,07                           | —      | 0,08   | 0,10                            |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,45    | 6,49                            | 3,60  | 5,48  | 8,49  | 2,41   | 2,39   | 2,71                           | 2,90   | 2,58   | 3,31                            |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 5,62    | 5,76                            | 4,84  | 9,44  | 9,81  | 5,02   | 8,71   | 4,09                           | 4,10   | 1,17   | 4,16                            |
| Sonstige Bestandteile                    | Cl 0,04 | SO <sub>3</sub> 0,02<br>Cl 0,04 | Cl 0,07<br>SO <sub>3</sub> Sp.<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | Cl 0,20<br>CO <sub>2</sub> 0,13<br>SO <sub>3</sub> 0,13 | Cl 0,70<br>F 0,27<br>SO <sub>3</sub> 0,67<br>CO <sub>2</sub> 0,25 | Cl 0,08<br>F 0,16<br>CO <sub>2</sub> 0,31<br>SO <sub>3</sub> 0,02<br>Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,11<br>NiO 0,07 | Cl 0,04<br>SO <sub>3</sub> 0,05<br>NiO 0,04<br>CuO Sp. | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>S Sp. | —      | S 0,03 | Li <sub>2</sub> O Sp.<br>S 0,01 |
| H <sub>2</sub> O + . . .                 | 0,30    | 0,24                            | 0,93  | 0,82  | 0,99  | 1,16   | 2,45   | 0,79                           | 1,03   | 1,08   | 0,69                            |
| H <sub>2</sub> O — . . .                 | 0,15    | 0,08                            | 0,16  | 0,69  | 0,10  | 0,17   | 1,10   | 0,19                           | 0,48   | 0,13   | 0,14                            |
| Sa. . . . .                              | 99,98   | 99,97                           | 100,24  | 101,02  | 100,58  | 100,01   | 99,78  | 99,97                          | 100,15 | 99,85  | 99,68                           |
| Spez. Gew..                              | —       | —                               | —   | —   | —   | —  | —  | —                              | —      | —      | —                               |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 76,09 | 74,08 | 58,69 | 66,99 | 62,53 | 52,96 | 55,33 | 71,85 | 67,20 | 53,30 | 67,05 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,20  | 0,20  | 0,60  | 0,56  | 0,21  | 0,57  | 0,71  | 0,60  | —     | 1,21  | 0,94  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,07  | 0,07  | 0,33  | 0,07  | —     | 0,38  | 0,43  | 0,13  | —     | 0,34  | 0,27  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,02 | 10,67 | 10,13 | 10,56 | 14,37 | 6,10  | 8,28  | 10,12 | 10,60 | 12,06 | 10,99 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,80  | 0,81  | 1,27  | 2,17  | 1,66  | 1,40  | 3,43  | 1,01  | 0,99  | 2,29  | 0,94  |
| FeO . . . . .                            | 0,80  | 0,14  | 4,40  | 0,84  | 1,23  | 4,39  | 4,35  | 2,41  | 2,92  | 5,66  | 4,11  |
| MnO . . . . .                            | 0,07  | —     | Sp.   | —     | —     | —     | 0,21  | —     | —     | 0,07  | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,93  | 1,28  | 8,33  | 2,38  | 0,43  | 18,94 | 8,42  | 2,95  | 6,36  | 9,30  | 3,57  |
| CaO . . . . .                            | 1,07  | 1,54  | 9,00  | 3,22  | 9,41  | 9,41  | 9,42  | 5,03  | 5,90  | 12,06 | 5,53  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,05  | 7,05  | 3,85  | 6,22  | 9,89  | 2,48  | 2,78  | 2,95  | 3,11  | 2,83  | 3,57  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,00  | 4,16  | 3,40  | 6,99  | 7,51  | 3,37  | 6,64  | 2,95  | 2,92  | 0,88  | 3,03  |



| Nr. | Gestein                         | Ort                            | Lagerung   | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|---------------------------------|--------------------------------|--|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 1   | Quarzsyenit                     | Beaver Creek Stock,<br>Bearpaw | Tertiäre<br>Vulkan-<br>ruine und<br>Lakko-<br>lithische<br>Intension | 79,88  | 5,60  | 14,52  | 9,95  | 0,07  | 4,00             | 0,93  | 1,00 | 0,07 | 1,60 | Stokes     |
| 2   | Quarzsyenit-<br>porphyr         | Gray Butte, Bearpaw Mt.        |  | 85,36  | 9,29  | 5,35   | 11,21 | -0,54 | 4,16             | 1,28  | 1,54 | —    | 0,41 | "          |
| 3   | Monzonit                        | Beaver Creek, "                |  | 69,52  | 37,70 | -7,22  | 7,25  | 2,88  | 3,40             | 8,33  | 6,12 | 3,13 | 2,54 | "          |
| 4   | Tinguait                        | Bean Creek, "                  |  | 84,48  | 27,82 | -12,30 | 13,21 | -2,65 | 6,99             | 2,38  | 3,22 | 0,36 | —    | "          |
| 5   | Leucit-<br>tinguait             | Beaver Creek, "                |  | 114,96 | 22,82 | -37,78 | 17,40 | -3,03 | 7,51             | 0,43  | 2,17 | —    | —    | "          |
| 6   | Shonkinit                       | " " " "                        | Intrusiv<br>in 10  | 47,80  | 64,98 | -12,78 | 5,85  | 0,25  | 3,37             | 18,94 | 9,16 | 2,99 | 2,80 | "          |
| 7   | Leucitit                        | Bearpaw Peak, "                |  | 66,24  | 51,64 | -17,88 | 9,42  | -1,14 | 6,64             | 8,42  | 9,42 | 2,27 | 4,58 | "          |
| 8   | Quarz-<br>monzonit              | Elkhorn Mt.                    |  | 64,08  | 12,34 | 23,58  | 5,90  | 4,22  | 2,95             | 2,95  | 0,81 | 1,40 | 2,02 | "          |
| 9   | Glimmer-<br>diorit<br>(Opdalit) | " " "                          | Älter  | 66,52  | 21,22 | 12,26  | 6,03  | 4,57  | 2,92             | 6,36  | 1,33 | 1,93 | 1,98 | Sullivan   |
| 10  | Gabbro                          | Black Butte, Elkhorn-Distr.    |  | 63,08  | 37,48 | -0,56  | 3,71  | 8,35  | 0,88             | 9,30  | 3,71 | 3,44 | 4,58 | Stokes     |
| 11  | Gabbro                          | Elkhorn Mt.                    |  | 70,36  | 17,64 | 12,00  | 6,60  | 4,39  | 3,03             | 3,57  | 1,14 | 3,17 | 1,88 | "          |

Literatur: 1-7. Weed und Pirsson, Am. Journ. Sc. I, 1896, S. 354.  
 8, 10, 11. J. S. Barrell, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 21, II, 1901, S. 514, 525, 536.  
 9. W. H. Weed, U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 47, 1912, S. 33.



## Kalifornien. Coast Range I.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3     | 4      | 5     | 6     | 7     | 8      | 9     | 10     | 11    | 12        | 13     |
|--|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-----------|--------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 46,98  | 70,39  | 66,85 | 61,05  | 75,46 | 69,85 | 56,81 | 59,75  | 59,74 | 55,80  | 56,47 | 60,00     | 52,83  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —      | —      | —     | 0,09   | —     | —     | Sp.   | Sp.    | Sp.   | —      | —     | —         | —      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,09   | —      | —     | Sp.    | —     | —     | 0,25  | 0,15   | 0,35  | —      | —     | —         | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,07  | 14,09  | 14,08 | 18,30  | 13,18 | 13,34 | 18,36 | 19,08  | 19,94 | 18,22  | 22,55 | 19,01     | 17,67  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,85   | 0,53   | 3,06  | 3,49   | 0,91  | 0,73  | 2,48  | —      | 1,81  | 8,98   | 0,95  | 3,20      | 7,50   |
| FeO . . . . .                            | 7,02   | 2,12   | —     | 1,11   | —     | —     | 3,94  | 2,91   | 5,41  | —      | 1,97  | 0,68      | 1,68   |
| MnO . . . . .                            | —      | —      | —     | Sp.    | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —     | Sp.       | —      |
| MgO . . . . .                            | 8,29   | 0,62   | 0,91  | 2,59   | 0,10  | Sp.   | 4,75  | 4,72   | 1,18  | 2,23   | 4,48  | 1,28      | 2,47   |
| CaO . . . . .                            | 12,15  | 3,08   | 4,69  | 7,75   | 0,95  | 0,87  | 6,43  | 6,15   | 3,74  | 4,40   | 10,89 | 4,10      | 7,35   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,54   | 3,70   | 3,80  | 4,06   | 6,88  | 5,58  | 4,18  | 4,31   | 4,65  | 6,34   | 0,88  | 6,97      | 6,61   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,53   | 3,51   | 2,57  | 1,36   | 1,09  | 2,68  | 1,36  | 0,92   | 1,02  | 1,90   | 0,52  | 2,79      | 2,52   |
| Sonstige Bestandteile                    | —      | —      | —     | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —         | —      |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 4,86   | 2,50   | 2,07  | 0,71   | 0,93  | 6,15  | 1,17  | 2,64   | 2,09  | 2,30   | 1,03  | 4,30      | 2,32   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —     | —      | —     | —     | —     | —      | —     | —      | —     | —         | —      |
| Sa. . . . .                              | 101,38 | 100,54 | 98,03 | 100,51 | 99,50 | 99,20 | 99,73 | 100,63 | 99,93 | 100,17 | 99,74 | 102,33    | 100,95 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 3,20   | 2,41   | 2,53  | 2,668  | 2,42  | 2,32  | 2,74  | 2,62   | 2,64  | —      | —     | 2,51—2,54 | 2,80   |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 51,17 | 77,63 | 75,99 | 67,06 | 81,95 | 81,21 | 62,53 | 65,02 | 68,10 | 65,42 | 61,85 | 68,35 | 60,72 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,12  | 0,07  | 0,16  | —     | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,94 | 9,13  | 9,41  | 11,79 | 8,42  | 9,12  | 11,89 | 12,22 | 13,37 | 12,56 | 14,53 | 12,74 | 11,94 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,76  | 0,20  | —     | 1,45  | 0,37  | 0,32  | 1,02  | —     | 0,77  | 3,95  | 0,39  | 1,37  | 3,23  |
| FeO . . . . .                            | 6,37  | 1,99  | 2,66  | 0,99  | —     | —     | 3,61  | 2,64  | 5,14  | —     | 1,80  | 0,64  | 1,61  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 13,54 | 1,06  | 0,14  | 4,28  | 0,16  | —     | 7,84  | 7,70  | 2,02  | 3,92  | 7,36  | 2,19  | 4,25  |
| CaO . . . . .                            | 14,18 | 3,64  | 5,73  | 9,09  | 1,11  | 1,08  | 7,58  | 7,17  | 4,57  | 5,53  | 12,78 | 5,00  | 9,05  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,68  | 3,90  | 4,16  | 4,28  | 7,23  | 6,28  | 4,45  | 4,54  | 5,13  | 7,20  | 0,93  | 7,68  | 7,35  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,36  | 2,45  | 1,91  | 0,99  | 0,76  | 1,99  | 0,96  | 0,64  | 0,74  | 1,42  | 0,36  | 2,03  | 1,85  |



| N  | Gestein         | Ort                                    | Lagerung | L     | M     | Q     | A     | C     | O <sub>2</sub> | MgO  | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |           |
|----|-----------------|--|----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|------|-------|------|------|------------|-----------|
| 1  | Fourchit        | Angel Island, Kalifornien              |          | 55,92 | 52,38 | —     | 8,30  | 3,04  | 7,90           | 0,36 | 13,54 | 6,28 | 5,61 | 1,52       | Ransome   |
| 2  | Rhyolith        | Northwest Harbor, San Clemente, Island |          | 61,92 | 7,82  | 30,26 | 6,35  | 2,78  | 2,45           | 1,06 | 0,86  | 1,79 | 0,40 | —          | Smith     |
| 3  | Dazit (Trachyt) | Seal Harbor, San Clemente, Island      |          | 61,92 | 10,38 | 27,70 | 6,07  | 3,34  | 1,91           | 0,14 | 2,39  | 2,66 | —    | —          | "         |
| 4  | Andesit         | Santa Catalina, Island                 |          | 68,24 | 16,14 | 15,62 | 5,27  | 6,52  | 0,99           | 4,28 | 2,57  | —    | 2,44 | —          | "         |
| 5  | Sodarylolith    | Berkeley, Kalifornien                  |          | 65,64 | 2,05  | 32,31 | 7,99  | 0,43  | 0,76           | 0,16 | 0,68  | —    | 0,37 | —          | Palache   |
| 6  | "               | "                                      |          | 69,56 | 0,78  | 29,66 | 8,27  | 0,85  | 1,99           | —    | 0,23  | —    | 0,32 | —          | "         |
| 7  | Andesit         | Telegraph Canyon, Berkeley Hills       |          | 69,20 | 25,10 | 5,70  | 5,41  | 6,48  | 0,96           | 7,84 | 1,10  | 2,59 | 2,04 | —          | "         |
| 8  | "               | Frowning Ridge, Berkeley Hills         |          | 69,60 | 20,94 | 9,46  | 5,18  | 7,04  | 0,64           | 7,70 | 0,13  | 2,64 | —    | —          | "         |
| 9  | "               | Grizzly Peak, Berkeley Hills           |          | 68,17 | 14,32 | 17,51 | 5,87  | 4,57  | 0,74           | 2,02 | 2,93  | 4,37 | 1,54 | —          | "         |
| 10 | "               | Point Sal, Berkeley-Distrikt           |          | 84,72 | 14,97 | 0,31  | 8,62  | 3,94  | 1,42           | 3,92 | 1,59  | —    | 3,95 | —          | Fairbanks |
| 11 | "               | Pnie Knob, Berkeley Hills              |          | 61,90 | 18,32 | 19,78 | 1,29  | 12,78 | 0,36           | 7,36 | 0,46  | 1,41 | 0,78 | —          | Dickerman |
| 12 | Carmeloit       | Carmelo Bay, S Monterey Bay            |          | 89,80 | 10,33 | —     | 0,13  | 9,71  | 3,03           | 2,03 | 2,19  | 1,97 | —    | 2,01       | Posada    |
| 13 | "               | Sunium Point, Carmelo Bay              |          | 84,56 | 25,96 | —     | 10,52 | 9,20  | 2,74           | 1,85 | 4,25  | 6,31 | —    | 4,84       | "         |

Literatur: I. 1. F. L. Ransome, Bull. Dep. Geol. Un. Cal. I. 1884, S. 231. II. 2, 3. Ebenda 1893, S. 106, 438. I. 2-3. W. S. T. Smith, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 18, II, 1898, S. 488. I. 4. Derselbe, Proc. Cal. Acad. Sc. (3) Geol. I. 1. 1897, S. 41.



## Kalifornien. Coast Range II.

| A. Gewichtsprocente.                     |        |        |       |                     |       |  |  |            |                                     |          |         |         |          |
|--|--------|--------|-------|---------------------|-------|--|--|------------|-------------------------------------|----------|---------|---------|----------|
| 1  | 2      | 3      | 4     | 5                   | 6     | 7  | 8  | 9          | 10                                  | 11       | 12      | 13      | 14       |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 50,77  | 48,03  | 49,45 | 49,61               | 47,41 | 72,12  | 71,60  | 65,40      | 51,66                               | 57,37    | 75,40   | 74,01   | 65,43    |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,28   | Sp.    | 2,23  | —                   | 1,29  | 0,17   | 0,12   | 0,55       | Sp.                                 | 0,60     | —       | 0,24    | 0,83     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,18   | 0,33   | —     | 0,27                | —     | 0,88   | 0,62   | —          | —                                   | 0,02     | —       | 0,01    | Sp.      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 19,40  | 21,81  | 17,58 | 19,18               | 16,03 | 11,49  | 11,93  | 15,35      | 11,22                               | 15,66    | 7,72    | 12,95   | 17,11    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 4,43   | 2,25   | 3,41  | 2,12                | 2,66  | 2,77   | 3,00   | 2,10       | —                                   | 2,06     | 1,41    | —       | 2,39     |
| FeO . . . . .                            | 5,59   | 6,04   | 3,41  | 5,01                | 7,05  | 2,30   | 3,40   | 2,44       | 7,62                                | 4,46     | —       | 1,42    | 1,19     |
| MnO . . . . .                            | —      | —      | Sp.   | —                   | Sp.   | 0,10   | 0,09   | —          | 0,05                                | 0,27     | 0,12    | —       | 0,70     |
| MgO . . . . .                            | 5,25   | 6,11   | 4,05  | 4,94                | 5,81  | 0,85   | 1,33   | 1,39       | 13,61                               | 8,84     | 1,26    | 0,48    | 1,48     |
| CaO . . . . .                            | 9,81   | 9,15   | 7,20  | 10,05               | 12,33 | 0,94   | 0,52   | 0,90       | 7,72                                | 4,94     | 1,55    | 1,00    | 3,88     |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,64   | 4,58   | 5,83  | 5,62                | —     | 5,28   | 4,62   | 6,45       | 5,98                                | 3,05     | 8,00    | 5,34    | 3,66     |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,30   | 0,44   | 1,57  | 1,04                | 4,47  | 0,86   | 1,90   | 2,99       | 0,89                                | 1,51     | 4,52    | 4,65    | 2,83     |
| Sonstige Bestandteile                    | —      | —      | —     | SO <sub>3</sub> Sp. | —     | CO <sub>2</sub> 1,15<br>Cl Sp.<br>FeS <sub>2</sub> 0,03<br>BaO Sp. | CO <sub>2</sub> 0,38<br>SO <sub>3</sub> 0,08 | Cl<br>0,01 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,25 | NiO 0,41 | Cl 0,12 | Cl 0,07 | NiO 0,20 |
| H <sub>2</sub> O + . . . .               | 0,41   | 2,16   | 4,34  | 3,55                | 2,19  | 0,55   | 0,55   | 1,56       | 1,06                                | 0,61     | 0,43    | 0,29    | 0,36     |
| H <sub>2</sub> O — . . . .               | 1,30   | —      | —     | —                   | —     | 0,07   | 0,07   | 0,28       | —                                   | 0,12     | —       | —       | 0,20     |
| Sa. . . . .                              | 100,36 | 100,90 | 99,07 | 101,39              | 99,24 | 99,96  | 100,21                                       | 99,86      | 100,13                              | 99,92    | 100,53  | 100,46  | 100,26   |
| Spez. Gew. . .                           | 2,79   | 2,82   | 2,738 | 2,782               | 2,96  | —  | —  | —          | —                                   | 2,830    | 2,390   | 2,391   | 2,664    |

| B. Molekularprocente.                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 58,64 | 53,04 | 57,49 | 56,27 | 54,33 | 79,82 | 78,48 | 78,97 | 51,74 | 60,68 | 79,62 | 79,67 | 72,31 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 0,22  | —     | 1,95  | —     | 1,11  | 0,14  | 0,10  | —     | —     | 0,47  | —     | 0,20  | 0,69  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,08  | 0,15  | —     | 0,13  | —     | 0,41  | 0,29  | 0,50  | —     | 0,01  | —     | 0,01  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,00 | 14,17 | 12,02 | 12,79 | 10,81 | 7,48  | 7,69  | 8,12  | 6,70  | 9,74  | 4,78  | 8,19  | 11,12 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,75  | 0,93  | 1,48  | 0,90  | 1,14  | 1,15  | 1,23  | 0,27  | —     | 0,82  | 0,56  | —     | 0,99  |
| FeO . . . . .                            | 4,90  | 5,55  | 3,31  | 2,00  | 2,54  | 2,12  | 3,10  | 2,21  | 6,96  | 4,28  | —     | —     | 1,27  |
| MnO . . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | 0,09  | 0,09  | 0,05  | 0,10  | 0,24  | 0,11  | 1,27  | 0,66  |
| MgO . . . . .                            | 8,28  | 10,12 | 7,06  | 8,40  | 9,98  | 1,41  | 2,18  | 2,26  | 20,44 | 0,24  | —     | —     | 0,66  |
| CaO . . . . .                            | 11,24 | 10,83 | 8,97  | 12,21 | 15,14 | 1,12  | 0,61  | 1,05  | 8,29  | 14,02 | 1,75  | 0,77  | 2,45  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,69  | 4,90  | 6,56  | 6,16  | 4,95  | 5,66  | 4,90  | 6,79  | 5,80  | 5,60  | 1,15  | 1,15  | 4,60  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,20  | 0,31  | 1,16  | 1,14  | —     | 0,60  | 1,33  | 2,08  | 0,57  | 3,12  | 8,15  | 5,55  | 3,91  |
|  |       |       |       |       |       |       |       | 2,47  |       | 1,02  | 3,04  | 3,19  | 2,00  |



| $\frac{Z}{Z}$ | Gestein                            | Ort                                 | Lagerung        | L     | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1             | Basalt                             | Pnie Knob, Berkeley Hills           |                 | 59,56 | 30,62 | 9,82   | 2,89  | 9,11  | 0,20             | 8,28  | 2,13  | 3,15 | 3,50 | Blasdale   |
| 2             | Basalt                             | Grizzly Peak, "                     |                 | 77,52 | 35,08 | -12,60 | 5,21  | 8,96  | 0,31             | 10,12 | 1,87  | 4,62 | 1,86 | Palache    |
| 3             | Basalt<br>(Teschent?)              | Point Bonita, Marin Co.             |                 | 78,96 | 30,08 | -9,04  | 7,72  | 4,30  | 1,16             | 7,06  | 4,67  | 1,83 | 2,96 | Ransome    |
| 4             | Teschent                           | Point Sal, Kalifornien              |                 | 80,36 | 34,24 | -14,60 | 7,30  | 5,49  | 1,14             | 8,40  | 6,72  | 1,10 | 1,80 | Fairbanks  |
| 5             | Lherzololith                       | The Portrero, San Francisco         |                 | 63,04 | 43,60 | -6,64  | 4,95  | 5,86  | —                | 9,98  | 9,28  | 1,40 | 2,28 | Palache    |
| 6             | Rhyolith                           | Laundry Farm, "                     |                 | 54,66 | 7,24  | 38,10  | 6,26  | 1,12  | 0,60             | 1,41  | -0,10 | 1,06 | 2,30 | Colby      |
| 7             | Rhyolith                           | " " " "                             |                 | 53,13 | 10,74 | 36,13  | 6,23  | 0,61  | 1,33             | 2,18  | -0,85 | 1,96 | 2,46 | "          |
| 8             | Rhyolith<br>(Comendit-<br>trachyt) | " " " "                             |                 | 64,96 | 13,62 | 21,42  | 8,87  | -0,75 | 2,08             | 2,26  | —     | 1,73 | —    | Richmond   |
| 9             | Rhyolithtuff                       | Cordelia bei San Francisco          |                 | 49,48 | 4,68  | 45,84  | 4,89  | 1,45  | 2,47             | 1,07  | -4,61 | 0,32 | 1,90 | Colby      |
| 10            | Basalt                             | Knoxville, Kalifornien              |                 | 52,28 | 69,72 | -22,00 | 6,37  | 0,33  | 0,57             | 20,44 | 7,96  | 7,06 | —    | Melville   |
| 11            | Basalt<br>(Andesit)                | Clear Lake, S. Burns Valley         | Postpliozän     | 55,52 | 37,08 | 7,40   | 4,14  | 5,60  | 1,02             | 14,02 | —     | —    | —    | "          |
| 12            | Obsidian<br>(Pantellerit)          | S. Boraxlake                        | Ende<br>Pliozän | 38,24 | 22,76 | 39,00  | 11,19 | -6,41 | 3,04             | 1,99  | —     | —    | 0,67 | "          |
| 13            | Obsidian<br>(Comendit-<br>trachyt) | Clear Lake                          | "               | 65,52 | 7,48  | 27,00  | 8,74  | -0,55 | 3,19             | 0,77  | —     | 0,72 | —    | "          |
| 14            | Asperit<br>(trach.<br>Andesit)     | Clear Lake, SO Peak Mt.<br>Konociti | "               | 66,29 | 8,76  | 24,95  | 5,91  | 4,60  | 2,00             | 2,45  | -0,61 | 0,94 | 1,98 | "          |

Literatur: I. 5—6, II. 5. C. Palache, Bull. Dep. Geol. Cal. Un. I. 1894, S. 67, 174. — I. 7—11, II. 1—3. Lawson und Palache, Un. Cal. Dep. Geol. Bull. II. 1901, S. 429. — I. 12—13, II. 6—9. A. C. Lawson, Bull. Dep. Geol. Un. Cal. I. 1893, S. 38 und U. S. Geol. Surv. Fol. 193, 1914, S. 12. — I. 10, II. 4. H. W. Fairbanks, Bull. Dep. Geol. Un. Cal. II. 1896, S. 30. — II. 11—14. G. F. Becker, U. S. Geol. Surv. Mon. 13, 1888, S. 159.



## Kalifornien, Oregon. Coast Range III.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3          | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9   | 10  | 11   | 12                               |
|--|--------|--------|------------|---|---|---|--|--|---|---|--|----------------------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 73,51  | 70,40  | 63,55      | 60,23   | 71,45                                     | 75,32   | 71,23  | 70,33                                      | 53,06   | 50,56                                       | 52,11  | 48,76                            |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | —      | —      | 0,41       | 0,57  | 0,16                                      | 0,16  | 0,34   | 0,27                                       | 0,42  | 1,67  | 1,38   | 1,26                             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | —      | 0,08   | 0,10       | 0,20  | 0,09                                      | 0,04  | 0,14   | 0,06                                       | Sp.   | Sp.   | 0,14   | 0,19                             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 14,42  | 13,50  | 17,10      | 18,64   | 14,53                                     | 13,17   | 14,61  | 15,74                                      | 12,83   | 14,49                                       | 15,21  | 16,60                            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 0,46   | 1,31   | 3,21       | 3,81  | 0,49                                      | 0,27  | 0,93   | 1,43                                       | 1,20  | 1,78  | 1,83   | 5,60                             |
| FeO . . . .                            | 1,49   | 1,61   | 0,92       | 0,88  | 0,94                                      | 0,98  | 1,66   | 0,83                                       | 5,10  | 10,20                                       | 8,95   | 5,01                             |
| MnO . . . .                            | Sp.    | —      | 0,03       | Sp.   | Sp.                                       | Sp.   | 0,08   | Sp.  | 0,16  | 0,25  | 0,19   | —                                |
| MgO . . . .                            | 0,33   | 0,37   | 0,43       | 1,64  | 0,30                                      | 0,42  | 1,01   | 0,53                                       | 7,50  | 5,90  | 6,01   | 6,93                             |
| CaO . . . .                            | 1,26   | 0,56   | 0,82       | 6,04  | 2,01                                      | 1,48  | 3,29   | 3,38                                       | 13,71   | 10,13                                       | 3,75   | 8,79                             |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 4,03   | 2,11   | 2,12       | 3,87  | 7,15                                      | 4,77  | 4,00   | 4,33                                       | 3,56  | 2,91  | 4,83   | 2,47                             |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 4,29   | 2,39   | 2,30       | 1,46  | 2,55                                      | 2,14  | 1,92   | 1,87                                       | 0,05  | 0,38  | 0,48   | 0,66                             |
| Sonstige Bestandteile                  | —      | —      | S =<br>Sp. | ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sp.<br>BaO 0,11<br>SrO 0,05 | CO <sub>2</sub> 0,08<br>BaO 0,03<br>S Sp. | CO <sub>2</sub> 0,03<br>FeS <sub>2</sub> 0,09<br>BaO 0,23<br>SrO 0,02 | ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>BaO 0,08<br>SrO 0,02<br>Li <sub>2</sub> O Sp. | BaO 0,09<br>SrO Sp.<br>CO <sub>2</sub> Sp. | CO <sub>2</sub> 0,25<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,06<br>NiO Sp.<br>BaO Sp. | FeS <sub>2</sub> 0,28<br>NiO Sp.<br>BaO Sp. | CO <sub>2</sub> 0,09<br>NiO 0,03<br>BaO Sp.<br>S Sp. | CO <sub>2</sub> 0,42<br>BaO 0,10 |
| H <sub>2</sub> O + . . .               | 0,40   | 7,41   | 5,13       | 1,97  | 0,38                                      | 0,73  | 0,55   | 1,16                                       | 2,16  | 1,50  | 3,74   | 2,19                             |
| H <sub>2</sub> O — . . .               | —      | 1,05   | 4,20       | 0,95  | 0,15                                      | 0,18  | 0,17   | 0,20                                       | 0,16  | 0,20  | 0,90   | 1,49                             |
| Sa. . . . .                            | 100,23 | 100,79 | 100,32     | 100,43  | 100,31                                    | 100,03  | 100,05   | 100,22                                     | 100,22  | 100,25                                      | 99,64  | 100,47                           |
| Spez. Gew. .                           | —      | —      | —          | —   | —   | —   | —  | —  | —   | —   | —  | 2,78                             |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 80,06 | 82,86 | 78,50 | 68,77 | 77,39 | 81,60 | 77,38 | 77,51 | 55,74 | 54,67 | 64,81 | 61,64 |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | —     | —     | 0,38  | 0,55  | 0,13  | 0,13  | 0,26  | 0,20  | 0,32  | 1,36  | 1,35  | 1,22  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | —     | 0,06  | 0,07  | 0,14  | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     | 0,07  | 0,15  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 9,22  | 9,32  | 12,45 | 12,47 | 9,23  | 8,39  | 9,32  | 10,19 | 7,94  | 9,21  | 11,11 | 12,36 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 0,20  | 0,56  | 1,48  | 1,64  | 0,19  | 0,13  | 0,39  | 0,60  | 0,50  | 0,71  | 0,82  | 2,65  |
| FeO . . . .                            | 1,37  | 1,55  | 0,96  | 0,89  | 0,84  | 0,91  | 1,50  | 0,73  | 4,48  | 9,21  | 9,32  | 5,23  |
| MnO . . . .                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,06  | —     | 0,13  | 0,26  | 0,22  | —     |
| MgO . . . .                            | 0,52  | 0,64  | 0,82  | 2,81  | 0,52  | 0,72  | 1,63  | 0,86  | 11,85 | 9,60  | 1,12  | 1,29  |
| CaO . . . .                            | 1,44  | 0,78  | 1,04  | 7,33  | 2,34  | 1,69  | 3,85  | 4,03  | 15,45 | 11,67 | 5,07  | 11,90 |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 4,18  | 2,40  | 2,52  | 4,31  | 7,54  | 5,00  | 4,24  | 4,56  | 3,59  | 3,05  | 5,74  | 3,03  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 3,01  | 1,83  | 1,78  | 1,09  | 1,82  | 1,43  | 1,30  | 1,32  | —     | 0,26  | 0,37  | 0,53  |



| N  | Gestein               | Ort                                 | Lage-<br>rung    | L     | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker            |
|----|-----------------------|-------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|------|-------|------------------|-------|-------|------|------|-----------------------|
| 1  | Rhyolith-<br>obsidian | Medicine Lake, Modoc Co.            |                  | 63,87 | 3,78  | 32,35 | 7,19 | 1,44  | 3,01             | 0,52  | —0,59 | 1,17 | 0,40 | L. G. Eakins          |
| 2  | Rhyolithuff           | Hyampon, Trinity Co.                |                  | 41,27 | 4,38  | 54,35 | 4,23 | 0,78  | 1,83             | 0,64  | —4,31 | 0,99 | 1,12 | G. Steiger            |
| 3  | Dazituff?             | Hay Fork Valley, Trinity Co.        |                  | 45,67 | 4,08  | 50,25 | 4,30 | 1,04  | 1,78             | 0,82  | —7,11 | —    | 2,44 | R. C. Wells           |
| 4  | Tuff                  | Redding Creek, Trinity Co.          |                  | 71,48 | 8,67  | 19,85 | 5,40 | 7,07  | 1,09             | 2,81  | 0,26  | —    | 2,53 | E. T. Allen           |
| 5  | Dazit-<br>porphyr?    | Big Bend, Rog River,<br>Port Orford |                  | 73,84 | 8,18  | 17,98 | 9,36 | —0,13 | 1,82             | 0,52  | 2,34  | 0,78 | 0,12 | W. F. Hille-<br>brand |
| 6  | Dazitporphyr          | Bald Mt., Port Orford,<br>Oregon    |                  | 58,47 | 3,26  | 38,27 | 6,43 | 1,69  | 1,43             | 0,72  | 3,31  | 0,78 | 0,26 | "                     |
| 7  | Granodiorit           | Bald Mt. b. Sumpter, Oregon         |                  | 59,44 | 6,52  | 34,04 | 5,54 | 3,78  | 1,30             | 1,63  | 0,46  | 1,17 | 0,78 | "                     |
| 8  | Dazitporphyr          | Boulder Creek, Port Orford          |                  | 63,44 | 3,18  | 33,38 | 5,88 | 4,03  | 1,32             | 0,86  | 0,53  | 0,13 | 1,20 | "                     |
| 9  | Basalt                | Sawtooth Rock, Port Orford          |                  | 46,12 | 55,12 | —1,24 | 3,59 | 4,35  | —                | 11,85 | 11,10 | 4,11 | 1,00 | "                     |
| 10 | "                     | Cedar Creek bei Ophir               | Post-<br>pliozän | 50,08 | 49,68 | 0,24  | 3,31 | 5,90  | 0,26             | 9,60  | 5,70  | 8,76 | 1,42 | "                     |
| 11 | "                     | Johnson Creek, Port Orford          |                  | 68,88 | 21,46 | 9,66  | 6,11 | 5,00  | 0,37             | 1,12  | 0,07  | 8,72 | 1,64 | "                     |
| 12 | Basaltglas            | Bei Portland, Oregon                |                  | 63,68 | 19,24 | 17,08 | 3,56 | 8,80  | 0,53             | 1,29  | 3,10  | 2,58 | 5,30 | Steiger               |

Literatur: 1—2. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 148, 1897, S. 228. — 3—4. Washington II, S. 807. —  
 5, 6, 8—12. J. S. Diller, U. S. Geol. Surv. Bull. 89, 1903, S. 4. — 7. Washington II, S. 257. —  
 12. Washington II, S. 887, Nr. 12.



### Literatur.

Die Literatur über den hier behandelten Gegenstand ist so umfangreich, daß es nicht möglich ist, bei dem zu Gebote stehenden Raum eine nur einigermaßen erschöpfende Zusammenstellung zu geben. Die nachfolgende Zusammenstellung enthält daher nur eine Auswahl der wichtigsten Standardwerke und Quellen. Als wichtigste Zeitschriften sind die Veröffentlichungen der U. S. Geol. Survey in Washington, Amer. Journ. of Sciences, das Journal of Geology, das Bull. der Geological Soc. of America und die Zeitschrift für Vulkanologie zu nennen. Ferner sei auf die Bibliographie von J. M. Nickles Geological Literatur on North America, U. S. Geol. Survey Bull. 746/747, 1923/24, verwiesen.

#### Allgemein:

Eliot Blackwelder. United States of North America. Handbuch der regionalen Geologie VIII, 2. Heidelberg 1912.

Eliot Blackwelder. A summary of the orogenic Epochs in the Geologic History of North America. Journ. of Geology 22, 1914, S. 633.

C. Sapper. Vulkankunde. Stuttgart 1927, J. Engelhardt.

E. Sueß. Das Antlitz der Erde. III, 2. Wien 1909.

J. C. Russel. Volcanoes of North America. New York 1897.

C. R. Burri. Chemismus und provinzielle Verhältnisse der jungeruptiven Gesteine des Pazifischen Ozeans und seiner Umrandung. Schweiz. Min. u. petrogr. Mitteilungen VI, 1, 1926, S. 115—199.

H. St. Washington. Chemical Analyses of Igneous Rocks. U. S. Geol. Survey Professional Paper 99. Washington 1917.

#### 1. Geologisch-tektonischer Überblick.

N. L. Bowen. The Later Stages of the Evolution of the Igneous Rocks. Journ. Geol. 23, 1915, Supplement S. 1—91.

A. F. Buddington. Coast Range Intrusives of South Eastern Alaska. Journ. Geol. 35, 1927, 224—246.

B. D. Daly. Okanagan composite Batholith of the Cascade Mountain System. Bull. Geol. Soc. Am. 1906, XVII, S. 329—376.

R. A. Daly. The Differentiation of sekundary Magma through Gravitativ Adjustment. Rosenbusch-Festschrift 1906, S. 203—233.

R. A. Daly. Genesis of Alkaline Rocks. Journ. of Geol. 26, 1918, S. 97.

Th. Aug. Jaggar. The Lakkoliths of the Black Hills. U. S. Geol. Surv. 21, Ann. Rep. III, 1900, S. 163—290.

W. Lindgren. Granodiorite and other Intermediate Rocks. Am. Journ. Sc. 159, 1900, S. 269—282.

F. L. Ransome. Some Lava Flows of the Western Slope of the Sierra Nevada Californien. Am. Journ. Sc. 155, 1898, S. 355—375.

F. L. Ransome. The Great Valley of California. A Criticism of the Theory of Isostasy. Univ. Call. Bull. Dep. Geol. 1896, Vol. 1, Nr. 14, S. 371—428.

J. C. Russel. A geological Reconnaissance in Central Washington. U. S. Geol. Surv. Bull. 108, 1893.

J. C. Russel. A geological Reconnaissance in Southeastern Washington. U. S. Geol. Surv. Water Supply Paper Nr. 4, 1897.



J. C. Russel. A geological Reconnaissance in Southern Oregon. U.S. Geol. Surv. Ann. Rep. 4, 1884.

J. C. Russel. The Geology and Water Ressources of the Snake River Plains of Idaho. U.S. Geol. Surv. Bull. 199, 1902.

J. C. Russel. Notes on the Geology of Southwestern Idaho and Southeastern Oregon. U.S. Geol. Surv. Bull. 217, 1903.

Harold T. Stearns. Volcanism in the Mud Lake Area, Idaho. Am. Journ. Sc. Vol. XI, April 1926, S. 353—363, Geol. Map.

Warren Dupré Smith. Contribution to the Geology of Southeastern Oregon (Steens and Pueblo Mountains). Journ. Geol. 35, 1927, S. 421—440.

Warren Dupré Smith and Earl L. Packard. The Salient Features of the Geology of Oregon. Journ. Geol. 27, 1919, S. 79—120, Bibliographie.

Warren S. Smith. Stratigraphic of the Skykomish Basin Washington. Journ. of Geol. 24, 1916, S. 559—582.

### 3. Kaskadenvulkane.

E. M. Burbash. Pleistocene Volcanism of Coast Range. Journ. of Geol. 22, 1914.

A. L. Day and E. F. Allen. The Volcanic Activity and Hot Springs of Lassen Peak. Carnegie Inst. Washington 1925.

J. S. Diller, H. B. Patton. The Geology and petrography of Crater Lake National Park. U.S. Geol. Surv. Prof. Papers 3, 1902, S. 167.

J. S. Diller. Did Crater Lake, Oregon by a Volcanic Subsidence or an Explosive Eruption? Journ. Geol. 31, 1923, S. 226.

Douglas W. Johnson. Block Faulting in the Klamath Lake Region. Journ. of Geol. 26, 1918, S. 229.

J. S. Diller. Mt. Shasta, a typical Volcano. National Geographic Monographs, Vol. I, 1895.

V. Dolmage. Postpleistocene Volcanics of the British Columbia Coast. Journ. of Geol. 32, 1924, S. 36.

A. Hague and J. P. Iddings. Notes on the Volcanoes of Northern California, Oregon and Washington Territory. Am. Journ. Sc. 26, 1883, S. 222—235.

W. R. Jilson. New evidence of a recent volcanic eruption on Mt. Helena Washington. Am. Journ. of Sc. 44, 1917, S. 59—62.

H. W. Turner. The Age and succession of the igneous rocks of the Sierra Nevada. Journ. of Geol. Vol. 111, S. 385—414.

### 4. Der Alaska-Aleuten-Bogen, Wrangellvulkane.

E. T. Allen, R. G. Zieß. A chemical Study of the Fumeroles of the Katmai Region. Nat. Geogr. Soc. contributed techn. Papers. Washington 1923.

E. T. Allen. Chemical Aspects of Volcanism with a Collection of the Analyses of Volcanic Gases. Carnegie Inst. Washington Paper 440, 1922.

W. W. Atwood. Geology and Mineral Resources of Parts of the Alaska Peninsula. U.S. Geol. Surv. Bull. 467, 1911.

G. F. Becker. Reconnaissance of the Goldfields of Southern Alaska with some Notes on General Geology. U.S. 18. Ann. Rep. 1896/97. Washington 1898.

H. Brooks. Geography and Geology of Alaska. Prof. Papers, U.S. Geol. Surv. Nr. 45, 1906, S. 377.



B. K. Emerson, Ch. Palaches, W. Dall, E. O. Ulrich, F. H. Knowlton. Alaska. New York 1904, Vol. IV, Geology and Palaeontology.

Cl. N. Fenner. Earth Movements accompanying the Katmai Eruption. Part I, Journ. of Geol. 33, S. 116; Part II, S. 193.

Cl. N. Fenner. The Katmai Magmatic Province. Journ. of Geol. 34, 1926, S. 673.

Cl. N. Fenner. The Katmai Region, Alaska and the Great Eruption of 1912. Journ. of Geol. Vol. 28, Nr. 7 1920, S. 569—606, 2 Tafeln.

J. Friedländer. Notizen über die Bogoslof-Inseln. Z. f. V. V, 1919/20, S. 51.

C. Grewingk. Beitrag zur Kenntnis der orographischen und geognostischen Beschaffenheit der Nordwestküste Amerikas mit den angrenzenden Inseln. Verhandl. der Kais. Russ. Mineralogischen Ges. St. Petersburg 1848/49. St. Petersburg 1850.

R. F. Griggs. The Valley of ten thousand Smokes. Nat. Geog. Mag. Vol. 31, 1917, S. 13—69; Vol. 33, 1918, S. 115—170.

Hartmerriam. Bogoslof, our newest Volcano. Rep. Harriman Alaska Exped. Vol. 2, S. 291—336.

G. D. Hanna. Geological Notes on the Pribeilof-Inseln. Am. Journ. Sc. 48, 1919, S. 216—225.

G. C. Martin and F. J. Katz. A Geologic Reconnaissance of the Iliamna Region Alaska. U. S. Geol. Surv. Bull. 485, 1912, S. 136.

G. C. Martin. The Recent Eruption of Katmai Volcans in Alaska. Nat. Geog. Magazine Washington D. C. Vol. 24, 1913, L.

W. C. Mendenhall. Geol. of the Centr. Copper River Region. U. S. Surv. Prof. Pap. Nr. 41, 1905, S. 133 etc.

Schrader and Spencer. Geol. and Min. Res. of the Copper River Distrikt. U. S. Geol. Surv. 1901, S. 94.

W. R. Smith. Aniakchak-Krater, Alaska, Peninsula. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 132, S. 139—146. Washington 1925. 4 Plates. Dazu H. Recks Bemerkungen, Z. f. V. IX, 1925/26, S. 144.

E. Tams. Erdbeben und Ausbruch des Katmai im Jahre 1912. Z. f. V. VIII, 1924/25, S. 137—149, 1 Karte, Tafel XII.

S. Powers. Recent Changes in Bogoslof Volcano. The Geogr. Review 1916, Vol. II.

S. Powers. Volcanic Domes in the Pacific. Am. Journ. Sc. 42, 1916, S. 261 (Bogoslof).

T. A. Jaggar. The Evolution of Bogoslof Volcano. Bull. Am. Geogr. Soc. 40, 1908.

T. A. Jaggar. The Evolution of Bogoslof Volcano. Bull. Am. Geogr. Soc. 40, 1908, S. 385—400.

## 5. Der tertiäre Vulkanismus.

### a) Zwischengebirge.

C. E. Dutton. Tertiär History of the Great Canyon Distrikt. U. S. Geol. Surv. Monogr. II, 1882.

C. E. Dutton. Mt. Taylor and the Zuñi Plateau. 6. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1884/85.

H. E. Gregory. Geology of the Navajo Country. A Reconnaissance of Parts of Arizona. New Mexico and Utah. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. Nr. 93.



- G. K. Gilbert. A Report on Lake Bonneville. U. S. Geol. Surv. Monogr. Vol. I. Ch. Keyes. Geological Setting of New Mexico. Journ. of Geol. 28, 1920, S. 238.
- J. H. Ogilvie. Some igneous Rocks from the Ortiz Mountains, New Mexico. Journ. of Geol. 16, S. 230. Chicago 1908.
- H. H. Robinson. The San Franciscan Volcanic Field Arizona. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 76, 1913, S. 178.
- R. S. Tarr. A Recent Lava Flow in New Mexico. The Am. Naturalist 25, S. 524. Philadelphia 1891.
- R. E. Fuller. The Mode of Origine of the Color of certain varicolored Obsidians. Journ. of Geol. 35, 1927, S. 570.
- Aaron Waters. A Structural and Petrographic Study of the glass Butter Lake County Oregon. Journ. of Geol. 35, 1927, S. 441—452.

b) Rocky Mts.

- Wh. Cross and R. A. F. Penrose. Geology and Minning Industries of the Cripple Creek Distrikt, Colorado. U. S. Geol. Surv. 16. Ann. Rep. II. Washington 1895.
- Wh. Cross. Geology of Silver Cliff and the Rosita Hills, Colorado. U. S. Geol. Surv. 17. Ann. Rep. II, S. 269—472. Washington 1896.
- S. F. Emmons. Geology and Minning Industry of Leadville, Colorado. U. S. Geol. Surv. Monogr. XII. Washington 1886.
- W. H. Emmons and F. A. Calkins. Geology and Ore Deposits of the Pkhillpsburg Quadrangle, Montana. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 78, 1915.
- A. Hague, J. P. Iddings, W. H. Weed. Geology of the Yellowstone National Park. Part. II. U. S. Geol. Surv. Monogr. XXXII. Washington 1899.
- A. Hague, F. P. Iddings and W. H. Weed. Geol. Atlas of the United States Yellowstone National Park. U. S. Geol. Surv. 9. Washington 1896.
- A. Hague. Early Tertiary Volcanoes of the Absaroka Range. Presidential address, 22. Feb. 1899 to the Geol. Soc. Washington. 25. p., Pl. I—III. Am. Journ. Sc. Neue Serie 9, 1899, S. 425—442.
- W. Lindgren and F. L. Ransome. Geology and Gold Deposits of the Cripple Creek District, Colorado. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. Nr. 54. Washington 1906.
- L. V. Pirsson. The Petrographic Province of Central Montana. Am. Journ. Sc. 170, 1905, S. 35—49.
- W. H. Weed and L. V. Pirsson. Geology of the Castle Mountain Mining District, Montana. Bull. U. S. Geol. Surv. 139, 1896, S. 164.
- W. H. Weed and L. V. Pirsson. Igneous Rocks of Yogo Peak, Montana. Am. Journ. of Sc. 1895, L., S. 467.
- W. H. Weed. Geology of the Little Belt Mountains, Montana. U. S. Geol. Surv. 20. Ann. Rep., P. III, 1900, S. 271—581.
- W. H. Weed and L. V. Pirsson. Geology and Mineral Resources of the Judith Mountains of Montana. U. S. Geol. Surv. 18. Ann. Rep., 1896/97, 3, S. 437—446.
- W. H. Weed and L. V. Pirsson. Highwood Mountains of Montana. Bull. Geol. Soc. Amer. 6, 1895, S. 389—422.
- W. H. Weed and L. V. Pirsson. The Bearpaw Mountains, Montana. Am. Journ. Sc. 4. Ser. I, 1896, S. 283—301, 351—362.
- W. H. Weed and L. H. Pirsson. On the Igneous Rocks of the Sweet Grass Hills, Montana. Am. Journ. of Sc. L, 1895, S. 309—313.



J. E. Wolff. Notes on the petrography of the Crazy Mountains and other localities in Montana Territory. Northern Transcontinental Surv. R. Pumpelly, 1885.

c) Coast Range.

A. L. Day. Hot Springs and Fumaroles of the Geyscr Region, California. Journ. of Geol. 32, S. 459.

H. W. Fairbanks. Review of our knowledge of the Geology of the California Coast ranges. Bull. Geol. Soc. Am. 6, 1895, S. 71.

G. A. Waring and C. A. Waring. Lavas of Morro Hill and vicinity, Southern California. Am. Journ. Sc. 44, 1917, S. 98—105.

---



## VIII. Kapitel.

### Die innerpazifischen Vulkane.

#### 1. Geologisch-tektonischer Überblick.

Nicht ganz ein Drittel der Erdoberfläche deckt der Pazifische Ozean, 4000 m sinkt sein Boden im Mittel ab. 2600 größere und kleinere Inseln zählt der Brighamsche Index, die wirkliche Zahl mag 3000 erreichen. Aus vulkanischen Gesteinen oder Korallenkalken besteht die Mehrzahl derselben, Sedimente, Granite, Gneise finden sich nur auf der Inselwelt, die den asiatischen und australischen Rand begleiten. Von der Linie Gilbert—Samoa—Hervey und der Australgruppe an werden diese Gesteine nicht mehr gefunden. Auch die vulkanischen Schlote haben dergleichen Material nirgends aus der Tiefe heraufgebracht.

Die Wasserbedeckung entrückt den Meeresboden der Forschung, zwar können Lotungen ein Bild seiner Topographie vermitteln und Dredgeproben die Tiefseesedimente, die ihn decken, zur Kenntnis bringen, aber über die Beschaffenheit der Erdkruste unter dem Boden des Ozeans können wir auf diesem Wege nichts erfahren, andere Methoden müssen zur Verwendung kommen.

Die Seismologie vermag über die einer direkten Beobachtung entrückten Teile der Erde einige Auskunft zu geben. Aus den Erdbebendiagrammen sind gewöhnlich zwei Vorläuferwellen, die mit P und  $\bar{P}$  bezeichnet werden, herauszulesen; sie hängen mit der Inhomogenität der Erdkruste zusammen, die aus einer oberen Granit-Gneis-Schale, dem Sial, und aus einer tieferen gabbrobasaltischen Schale, dem Sialma, besteht. Letztere pflanzt die Erdbebenwellen schneller fort, P kommt früher als  $\bar{P}$  an,  $\bar{P}$  gehört demnach zur Sialschale. Nun haben Angenheister und Gutenberg gezeigt, daß bei Erdbebenwellen, die den innerpazifischen Raum durchlaufen, z. B. in Apia bei den Tongabebeben, die  $\bar{P}$ -Vorläuferwelle nicht aufgezeichnet wird. Die Granit-Gneis-Schale, das Sial, ist also nicht oder nur in sehr geringer Mächtigkeit unter dem Boden des Pazifischen Ozeans vorhanden. Zu dem gleichen Ergebnis führt die Betrachtung der Erdbebenwellen, welche ihren Lauf längs der Oberfläche nehmen und später bei der Beobachtungsstation eintreffen. Ihre Geschwindigkeit ist unter dem Pazifik eine andere als in anderen Gegenden der Erdoberfläche. Nach Gutenberg folgen hier nach dem Einsetzen der Oberflächenwellen kurzwellige Maxima sehr viel schneller aufeinander und ergeben zusammen mit den langen Wellen in den Seismogrammen ein sehr unregelmäßiges Bild. Weiter zeigt es sich, daß die Amplitude der Oberflächenwellen mit



wachsender Entfernung vom Herd kleiner wird, mit anderen Worten, die Wellen erlöschen allmählich, man bezeichnet diese Erscheinung daher als „Extinktion“. Nach Angenheister ist nun die Extinktion im Pazifikgebiet größer als in anderen Teilen der Erdoberfläche. Das den pazifischen Ozeanboden zusammensetzende Material besitzt einen besonders hohen Absorptionskoeffizienten, es ist schichtlos und starr. Auf drei verschiedenen Wegen gelangt man also zu dem Ergebnis, daß der Boden des pazifischen Ozeans von besonderer Art ist. Es fehlt die Granit-Gneis-Schale, das Sial, die basaltische Unterlage tritt, nur durch die Wassermassen verhüllt, unmittelbar zutage.

Zum inneren pazifischen Raum ist demnach das Gebiet, in welchem das Sial ganz fehlt, zu rechnen. Die westliche Grenze wurde oben bereits angedeutet, die östliche Grenze rückt nahe an den amerikanischen Kontinent heran. Die subamerikanischen Inseln, wie die Galapagos, die Juan-Fernandez-Gruppe usw., gehören bereits zum innerpazifischen Bezirk.

Aus diesen Verhältnissen sind auch für den Vulkanismus dieser Gebiete wichtige Schlüsse zu ziehen. Im pazifischen Raum können nur solche Eruptivgesteine empordringen, die basaltischer Natur oder als Differentiationsprodukte aus dem Basalte ableitbar sind. Bei dem basischen Gesamtcharakter der Ursprungsmagmen werden demnach auch saure Eruptivgesteine selten sein oder meist ganz fehlen.

Die üblichen Methoden der Altersbestimmung versagen bei den ozeanischen Inseln, da kein fossilführender Schichtenverband mit den Eruptivgesteinen ihre stratigraphische Einordnung erlaubt. Die Altersbestimmung muß daher auf anderem Wege versucht werden. Daly zeigte, daß mit Hilfe seiner „Glazialkontrolltheorie“ die Korallenriffe zur Altersbestimmung wenigstens der jüngsten Gebilde herangezogen werden können. Sie fußt auf folgenden Gedankengängen. Die Lebensbedingungen der riffbauenden Korallen sind bekanntlich an enge Temperaturgrenzen zwischen  $20^{\circ}$  und  $36^{\circ}$  gebunden, sie reichen bis zu einer Tiefe von 37 m. Die quartären Vergletscherungen haben einmal zur Folge, daß sich durch Aufhäufung von Eismassen an den Polarkalotten der Meeresspiegel allgemein senken mußte. Daly berechnete diese Senkung zu 180 Fuß = 55 m, dann mußte eine allgemeine Temperaturniedrigung des Klimas damit verbunden sein. Wenn nur die mittlere Meerestemperatur um  $5-10^{\circ}$  fällt, hört das Korallenwachstum auf oder wird stark behindert. Das führt aber zu der Folgerung, daß während der quartären Vereisung Korallenriffe sich nicht entwickeln konnten und die Küsten der Inseln ungeschützt durch Saumriffe der zerstörenden Wirkung der Brandungswooge voll ausgesetzt waren. Die Brandungsscliffs schoben sich landeinwärts und hinterließen Brandungsterrassen. So manche kleinere Insel mag daher im Quartär von der Oberfläche verschwunden sein. Die in der Glazialzeit entstandene



Brandungsterrasse 9—27 m unter dem Spiegel des damaligen Meeres liegt heute in Tiefen von 60—90 m. Auf dieser pleistozänen Plattform haben sich nach Daly die postglazialen und rezenten Saumriffe angesiedelt.

Vulkanische Kräfte haben aber alle diese Inseln aufgebaut, und auch die Inseln, die nur aus Korallenkalk bestehen, müssen einen vulkanischen Sockel besitzen. Die Gesteine, in die die Brandungsterrassen eingeschnitten sind, haben mindestens ein präglaziales Alter. Der vulkanische Sockel der reinen Koralleninseln ist dann auch mindestens präglazialen Alters. Die Inselvulkane und vulkanischen Massive unterliegen vielleicht noch schneller der Erosion als die entsprechenden Landvulkane, weil hier die klimatischen Bedingungen einer energischen Erosion besonders günstig sind. Niedrige Inseln mit einer tiefen Gesteinsverwitterung und tief einschneidenden Erosion zeigen die Merkmale höheren Alters. Umgekehrt ist ein schmales Saumriff ein Zeichen, daß die Insel sehr jung ist, denn die Korallen wachsen sehr schnell und haben in diesem Fall eine glaziale Plattform nicht mehr vorgefunden.

Wenn aber im Boden des Pazifischen Ozeans Sedimente, Granite und Gneise ganz fehlen und das starre Basaltmagma das Material zum Aufbau geliefert hat, so können Faltengebirge in diesem Raum auch nicht entstehen.

Tektonische Kräfte können sich nur in den vertikalen Krustenverschiebungen, sog. Blockverwerfungen, in Horsten und Gräben auswirken. Das Ausmaß solcher Bewegungen läßt sich durch Beispiele aus den Randgebieten veranschaulichen. Molengraaff fand auf Borneo, Timor und Roti Radiolarienablagerungen mit Manganknollen, die sich in 3000 m Tiefe abgesetzt haben, 1200 m über dem Meere. Auf der Insel des amerikanischen Randes San Clemente sind Hebungen von 427 m von Lawson nachgewiesen, während die benachbarte Insel Santa Catalina gleichzeitig gesunken ist (Daly). Bei Hebungen und Senkungen in postglazialer Zeit gelangt die Plattform für die Saumriffe nicht zur Entwicklung.

Was die Anordnung der tektonischen Leitlinien des innerpazifischen Gebiets betrifft, so kommt nur Polynesien in Betracht, Mikronesien und Melanesien gehören bereits zu den Randgebieten.

Es war schon Dana aufgefallen, daß N—S-Richtungen fehlen und die Inselzüge gestaffelt vorherrschend einen OSO-Verlauf nehmen. Die Inseln häufen sich in Zonen, die flachgekrümmten Kurven entsprechen und die zwischen dem 30. Grad nördlicher und südlicher Breite liegen.

Der Verlauf der Kontinentalränder im Osten und Westen spiegelt sich ferner in der Streichrichtung der Leitlinien der polynesischen Inselwelt wieder. Seit der Laramiefaltung auf der Wende Kreide—Tertiär, auch die südamerikanischen Anden beginnen zu diesem Zeitpunkt, sind die gebirgsbildenden Bewegungen auf beiden Seiten des Pazifischen Ozeans in entgegengesetzter Richtung gegen die Kontinente gerichtet gewesen. Die Be-



wegungen auf beiden Seiten sind zur gleichen Zeit erfolgt. Der dazwischenliegende Raum hat damit offensichtlich unter Dehnungsspannungen gestanden. So lassen sich die tektonischen Verhältnisse vielleicht am besten vergleichen mit der Region der „Interior Plateaus“, zwischen Sierra Nevada und den Rocky Mountains. Freilich stimmt das Bild nicht in allen Zügen, denn dem Pazifikboden fehlt ja das „Sial“. Das Eine aber läßt sich doch schon behaupten, daß die Herausbildung der gegenwärtigen Inselzüge im wesentlichen mit dem Beginn der Tertiärzeit eingesetzt hat. Die Vorgeschichte der polynesischen Inselwelt ist in Dunkel gehüllt.

## 2. Die Hawaii-Inseln.

Zwischen 180° und 150° W. L. und 19° und 30° N. Br. erstreckt sich in NW—SO-Richtung etwa parallel zur Nordküste von Neuguinea und zur Halbinsel Niederkalifornien und der kalifornischen Küste ein submarines Plateau, begrenzt durch die 4000-m-Tiefenlinie.

Seine Gipfelregionen ragen als Inseln über den Meeresspiegel. In der Nordwestecke sind es Untiefen, Riffe, Klippen und kleine Inseln, die als „Lewardinseln“ zusammengefaßt werden können. Es gehören hierzu die Midway-Inseln in 177° W. L., Lisianski-Inseln, 174° W. L., Gardiner-Insel, 52 m, in 168° W. L., French Frigate mit La Perouse Rock, 37 m, in 166° W. L., Necker Island, 79 m, in 164° 45' W. L. und Nihoa Island, 273 m, in 164° 45' W. L. Diese Inseln gewinnen an Größe und Höhe gegen SO.

Etwa mit dem 160.° W. L. beginnen die größeren Inseln der Hawaii-Gruppe. Die 2000-m-Tiefenlinie sondert drei Teilplateaus ab:

1. Niihau und Kauai, 22° N. Br. und 159° 30' W. L., die letztere Insel trägt den 1525 m hohen Vulkan Welaleale.

Weiter folgt durch den Kaieie-Waho-Kanal, in dem der Meeresboden bis über 2000 m absinkt, getrennt:

2. Die mittlere Gruppe mit der Hauptinsel Oahu mit der Hauptstadt Honolulu in 158° W. L. und 21° 30' N. Br. Oahu trägt zwei erloschene Vulkane, den Kaala im Westen, 1230 m und den Konahuanui, 950 m, im Osten. Der in der gleichen Richtung quer zur Längsachse des Plateaus von etwa SW—NO verlaufende Kaiwikanal, mit Tiefen unter 1000 m, trennt diese Insel von der langgestreckten O—W verlaufenden Insel Molokai, mit dem Olukui, etwa 1000 m. Die in der gleichen Richtung wie die übrigen Kanäle verlaufende Pailolostraße, mit geringen Tiefen von etwa 200 m, sondert die nächste Gruppe ab. Maui ist eine Doppelinsel mit landfester Verbindungsbrücke. Lanai und Westmaui gehören zu einer Einheit. Westmaui trägt eine durch die Erosion stärker angenagte Vulkanruine, den Vulkan Kukui, 1765 m (Washington) oder Maalea. Die zweite



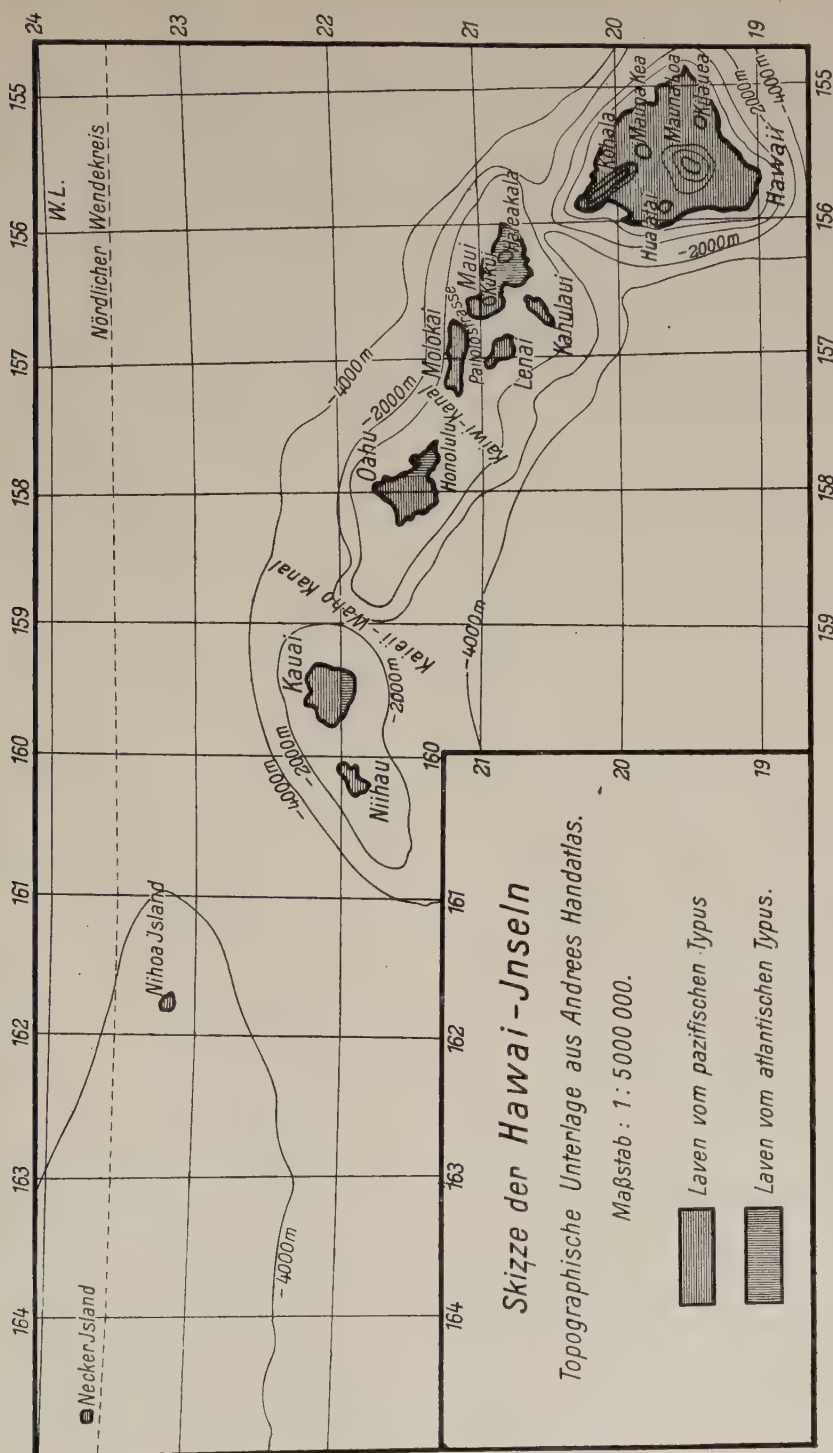


Abb. 62.



Gruppe ist Ostmaui mit dem sehr viel größeren und nach dem Erhaltungszustand jüngeren Vulkan Haleakala, 3058 m, mit ihm beginnt die Reihe der hawaianischen Vulkanriesen. Der Vulkan gewinnt durch den Umstand ein ganz besonderes Interesse, daß im Gegensatz zu den anderen großen Vulkanen Nephelinbasalte die herrschenden Gesteine sind. Genetisch zu Ostmaui gehört die im Westen vorgelagerte Insel Kahulau. Alle diese Inseln sind die Aufragungen aus dem mittleren Plateau der 2000-m-Tiefenlinie.

3. Die letzte Insel Hawaii ist die größte und auch am besten bekannte. Sie trägt ja die beiden energisch tätigen Vulkane, Mauna Loa, 4168 m, und Kilauea, 1246 m, auf die sich seit hundert Jahren das wissenschaftliche Interesse konzentriert. Der trennende Kanal Alenuihaha hat den gleichen Verlauf und sinkt bis über 2000 m ab. Der gleichen Richtung folgt die Verbindungslinie des Vulkans Hualalai, 2520 m, und Mauna Kea, 4214 m, das gleiche Streichen haben ferner die Spalten, die sich am Kilauea 1868 öffneten und gegen den Mauna Iki hinziehen. Endlich bricht noch die Südostküste in der gleichen Richtung ab, mit ihr endet das submarine Plateau.

Es kann kein Zweifel darüber herrschen, daß diese Richtung, wie die der Längsachse des Plateaus, tektonisch bedingte Linien sind.

Von den Lewardinseln bis Hawaii kennt man, abgesehen von Korallenkalken, nur junge Eruptivgesteine, Basalte, Andesite, Trachydolerite und Nephelinbasalte. Trachyte spielen nur eine untergeordnete Rolle. Saure Eruptivgesteine fehlen vollkommen. Nirgends ist man auf Spuren von Graniten, Gneisen oder anderen kristallinen Schiefen gestoßen. Selbst die Laven führen nie Einschlüsse dieser Art. So muß der Schluß gezogen werden, daß Granite und Gneise auch in dem unzugänglichen Untergrund gänzlich fehlen.

Der Untergrund des Hawaiplateaus besteht daher nur aus submarin ergossenen Eruptivmassen. Nun wissen wir, daß Gebirgszüge, die der Hawairichtung entsprechen, in Nordamerika zuerst durch die Nevada-faltung Ende Jura geschaffen und daß die späteren Orogenesen diese Richtung im großen beibehalten haben. Mit dem Zusammenschub im Westen des amerikanischen Kontinents sind disjunktive Spannungen im weiten innerpazifischen Raum verbunden, die dem Magma den Austritt gestattet haben. Der vulkanische Aufbau des Hawaiplateaus hat deshalb schon Ende Jura oder doch nach der Laramiefaltung begonnen.

Nun besteht zwischen submarinen und subaerischen vulkanischen Aufschüttungen ein wesentlicher Unterschied. Der Landvulkan hat mit den zerstörenden Wirkungen des bewegten Wassers und der Luft zu kämpfen, er gewinnt nur solange an Höhe, als die aufbauenden Kräfte die nivellierenden Kräfte der Erosion überwiegen. Dieses Widerspiel der



Kräfte fällt für den submarinen Vulkan ganz fort. Die Brandungswoge, so gewaltig ihre zerstörende Wirkung auch an der Oberfläche sein mag, greift nicht tief in den Ozean herab. Im tiefen Ozean herrscht absolute Ruhe, hier gibt es also keine Erosion. Das eruptive Material bleibt da liegen, wo es hingeflossen oder abgesetzt ist. Das Höhenwachstum kann also ungehindert vor sich gehen. So können sich während der Tertiärzeit, oder vielleicht schon seit der Jurazeit vulkanische Massen von 4000 m Mächtigkeit gut aufgehäuft haben.

Aus der tiergeographischen Verbreitung gewisser Landschnecken darf man schließen, daß zur Pliozänzeit noch eine größere Landmasse bestanden hat. Die Einbrüche der Kanäle, die Trennung der Inseln, wird man wohl mit den tektonischen Bewegungen auf der Grenze Pliozän Pleistozän in Zusammenhang bringen dürfen. Sie haben das Plateau in eine Anzahl Gräben und Horste zerlegt. Dieselben Bewegungen haben dann den quartären Vulkanismus neu belebt und die großen Vulkane der Gegenwart aufgebaut.

So bilden die Hawai-Inseln den Schlüssel zur Lösung einer großen Zahl von Problemen: wie dem Verständnis der tektonischen Zusammenhänge der pazifischen Inselwelt, dem Zusammenvorkommen von Eruptivgesteinen des pazifischen und atlantischen Typus im gleichen Raum und ihrer Herleitung aus basaltischen Magmen, endlich dem tieferen Wesen des Vulkanismus, das sich an den beiden in Wechselwirkung stehenden Vulkanen Mauna Loa und Kilauea so trefflich studieren läßt. Eine eingehende geologische Kartierung der Inselwelt müßte die Sukzessionsfolge der Laven klären. Im folgenden soll der Versuch gemacht werden, durch Vergleich der Laven einen Einblick in die Zusammenhänge zu gewinnen.

Die ältesten Laven wird man naturgemäß in den Horstpartien aufgeschlossen finden. Die Untersuchung nimmt dabei am besten ihren Ausgang von der geologisch genauer bekannten größten Insel Hawai.

### H a w a i.

Das älteste Gebilde ist der sattelförmige Bergrücken Kohala, 1678 m, er streicht NW—SO, also parallel der Plateauachse, und besitzt eine Länge von 56 km. Er ist offenbar eine Lineareruption vom Pansanche-Typus (Bd. I, S. 426). Washington deutet den Kohala als Überbleibsel eines hohen Kegels, dessen Zentrum im Osten liegend durch eine Verwerfung abgesunken ist; bei der Länge des Rückens scheint die obige Erklärung als Spalteneruption wahrscheinlicher. Jedenfalls ist die Ostseite steil und von tiefen Schluchten angeschnitten, hier sind die ältesten Partien aufgeschlossen. Der Westhang ist sanft und von Lavaströmen bedeckt. Unter der westlichen Kammlinie finden sich zahlreiche parasitische Kegel aus Schlacken mit Lavaströmen. Diese Kegel sind linear angeordnet







S. 778

## Kohala.

|              | Gestein                         | Bezeichnung v. Washington | Fundort   |       |       |      |       |                  |      | FeO   | Mt.   |      |      |      |
|--------------|---------------------------------|---------------------------|---|-------|-------|------|-------|------------------|------|-------|-------|------|------|------|
|              |                                 |                           | L   | M     | Q     | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO   | FeO   | Mt.  |      |      |
| I.           | Andesit                         | Blasier Basalt            | Cinder Cone, Kohala<br>Meeresspiegel bei<br>Mahukona<br>Puu Kaiwawai 975 m<br>Puu Lahikiola 914 m<br>Kohala<br>Momonaloa Gulch 883 m<br>Kawaihae Gulch 1036 m | 70,32 | 21,84 | 7,84 | 5,05  | 7,48             | 0,85 | 7,05  | 0,49  | —    | 6,76 |      |
|              | Basalt                          | Olivinoligoklasandesit    |   | 60,12 | 45,98 | —    | 6,10  | 5,27             | 4,49 | 0,92  | 8,11  | 5,46 | 8,17 | 2,50 |
|              | "                               | "                         |   | 68,44 | 41,34 | —    | 9,78  | 6,31             | 4,49 | 1,21  | 8,45  | 4,30 | 6,31 | 3,22 |
|              | "                               | "                         |   | 65,56 | 45,72 | —    | 11,28 | 5,60             | 5,19 | 1,07  | 12,19 | 4,20 | 4,14 | 4,66 |
|              | Andesit                         | Porphy. Basalt            | 62,16   | 33,64 | 4,20  | 4,80 | 5,94  | 0,61             | 6,08 | 5,88  | 1,62  | 6,48 |      |      |
|              | Basalt                          | Feldspatporphyr. Basalt   | 60,44   | 41,58 | —     | 2,02 | 5,55  | 4,01             | 0,74 | 6,55  | 7,49  | 4,88 | 3,74 |      |
|              | "                               | "                         | 56,96   | 49,44 | —     | 6,40 | 4,49  | 5,26             | 0,78 | 9,95  | 6,64  | 7,09 | 2,08 |      |
| II.          | Trachyt<br>(Latit)              | Oligoklasit               | Waimea  | 83,84 | 11,10 | 5,06 | 8,77  | 3,42             | 1,99 | 2,67  | 0,62  | 0,14 | 4,24 |      |
|              | Trachyt                         | Anorthoklastachyt         | Puu Anahulu   | 95,31 | 3,49  | 1,20 | 11,35 | 1,04             | 3,62 | 0,70  | —     | 0,35 | —    | 2,09 |
|              | "                               | Trachyt. Obsidian         | Puu Waawaa, Tuffkegel   | 92,96 | 14,78 | —    | 7,74  | 12,70            | —    | 1,08  | 3,60  | 1,02 | 2,45 | —    |
|              | Trachy-<br>dolerit,<br>Kohalait | Dichter Oligoklasandesit  | Puu Makea 1097 m  | 75,04 | 30,76 | —    | 5,80  | 7,49             | 3,78 | 1,62  | 5,26  | 3,24 | 5,40 | 2,96 |
|              | Trachy-<br>dolerit,<br>Kohalait | "                         | Puu Komoa 884 m   | 72,88 | 34,28 | —    | 7,16  | 7,58             | 3,06 | 1,53  | 5,25  | 4,85 | 5,91 | 2,26 |
|              | Basalt                          | Dichter Basalt            | Waiake Gulch, Waimea  | 46,64 | 53,50 | —    | 0,14  | 2,55             | 6,56 | 0,38  | 12,29 | 7,20 | 6,50 | 1,52 |
| III.         | "                               | "                         | 40,88   | 60,54 | —     | 1,42 | 2,80  | 4,62             | 0,46 | 14,39 | 6,51  | 8,13 | 2,48 |      |
| Altere Phase |                                 |                           |   |       |       |      |       |                  |      |       |       |      |      |      |

Ältere Phase



noch wenig geklärt. Ihr Vorkommen lehrt, daß hier im gleichen Raum beide Typen vorkommen. Die Alkaligesteine schalten sich zwischen die älteren und jüngeren Basalte zeitlich ein. Trachyte spielen im ganzen Gebiet eine nur untergeordnete Rolle.

Alte Laven kommen ferner im südöstlichen Fußgebirge des Mauna Loa, in der Kauwüste, nach den Untersuchungen von Clarke und Noble in der Gegend von Pahala zum Vorschein. Sie werden unter dem Namen Präpahala-Serie zusammengefaßt. Aufgeschlossen sind etwa Folgen bis zu 300 m Mächtigkeit, 2—8 m mächtige Lavaströme mit Zwischenlagen von gelben Aschentuffen, Gänge oder Intrusivkörper fehlen durchweg. Sie bestehen aus olivinarmen Basalten und Andesiten von bläulich- oder rötlich-grauer Färbung. Diese Präpahalaserie unterteuft den Mauna Loa und Kilauea, sowie das Punaplateau. Nach Noble stellt die Präpahalaserie eine alte Landmasse dar. Darüber liegt durch eine deutliche Erosionsdiskordanz getrennt die nächste Serie, die Pahalaserie, mit einer Mächtigkeit von etwa 100 m. Sie besteht aus dicken Lagen eines geschichteten gelben Tuffes mit eingeschalteten Laven. Diese sind von hellbläulich-grauer Farbe, etwas dunkler als die vorigen, aber heller als die rezenten Ströme. Der Olivinegehalt ist größer geworden, erreicht aber nicht den der rezenten Laven. Die Gesteine bewegen sich zwischen Basalten von mäßigem Olivinegehalt bis zu Andesiten, sie gehören dem pazifischen Typus an.

Die jüngste Serie, die Postpahalaserie, umfaßt alle Laven, welche jünger sind als die obersten Tuffe der Pahalaserie. Aschenlagen schalten sich häufiger ein. Sie fallen gegen SO ein, aber nicht vom Mauna-Loa-Gipfel, der etwas weiter nördlich liegt, die Mächtigkeit ist geringer als bei der vorigen Serie. Die Laven gleichen den olivinreichsten von Tahiti, die dort als Oceanite beschrieben sind, doch sind die dortigen Pikritbasalte noch basischer.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Zusammensetzung der Laven:

| S. 782                    | Bezeichnung<br>n. Washington  | Kau-Wüste                | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|------|
| Post-<br>pahala<br>-Serie | Olivin porph.<br>Pikritbasalt | Makanao<br>Valley        | 20,28 | 88,94 | —9,22 | 1,67 | 1,73 | 0,29             | 33,56 | 4,88 | 3,90 | 4,26 |
| Pahala<br>-Serie          | Feldspat-<br>porph. Basalt    | Nahalehu                 | 46,24 | 48,62 | 5,14  | 2,89 | 5,78 | 0,33             | 9,59  | 6,44 | 6,70 | 3,16 |
| Prä-<br>pahala<br>-Serie  | Labradorit-<br>basalt         | Clover Hill,<br>Nahalehu | 41,72 | 49,80 | 8,48  | 2,18 | 6,07 | 0,20             | 11,62 | 5,42 | 6,08 | 3,56 |
| Prä-<br>pahala<br>-Serie  | Ophitischer<br>Olivinbasalt   | Kamaikeohu<br>Spring     | 37,88 | 63,12 | —1,00 | 2,84 | 3,79 | 0,25             | 15,34 | 7,89 | 6,75 | 3,16 |



Da die Hawai-Inseln im Pliozän eine zusammenhängende Landmasse gebildet haben und in der Erosionsdiskordanz im Hangenden der Präpahalaserie noch die Spuren einer Landoberfläche zu sehen sind, muß die Präpahalaserie pliozänen Alters sein. Die Zerstücklung der Inseln dürfte dann durch die tektonischen Bewegungen auf der Grenze Pliozän—Quartär erfolgt sein und die jüngeren Vulkanriesen Mauna Kea und Mauna Loa sind im wesentlichen während des Quartärs aufgebaut worden. Daly<sup>1)</sup> will am Mauna Kea in 3657 m Höhe quartäre Glazialspuren entdeckt haben. Noble stellte ferner fest, daß ein Teil der Laven im Kraterwall Mokeoweo des Mauna Loa den Pahalalaven entsprechen. Wenn sich dieses bestätigt, so rückt die Pahalaserie in das Quartär. Die Postpahalaserie wäre dann postquartär bis rezent.

Der Vergleich mit den Kohalalaven lehrt weiter, daß die älteren Waimeabasalte durchaus den Präpahalalaven gleichen, sie sind daher ihnen zeitlich etwa gleich zu setzen und rücken damit in das Pliozän.

Zwischen Kohala und Kau-Wüste liegt anscheinend ein Graben, der aber von den großen Vulkanen ausgefüllt ist. Die Linie Hualalai—Mauna Kea läuft den Kanaleinbrüchen parallel und trifft das Streichen des Kohalarückens unter 60°. Mauna Kea, der höchste Vulkan, ist erloschen, Hualalai hat zuletzt 1801 Aa-Lava geliefert.

Beide Vulkane, Geschwistervulkane im Sinne Sappers, sind zur selben Zeit tätig gewesen, und zwar noch zur Zeit des jüngeren Kohalastadiums.

Der größere Vulkan hat natürlich früher die Förderung eingestellt als der niedrigere. Beide Vulkane haben die gleichen Laven gefördert, Basalte vom pazifischen Typus, wie die folgende Gegenüberstellung lehrt:

| Bezeichnung<br>n. Washington | Hualalai             | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Erup-<br>tions-<br>folge |
|------------------------------|----------------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|--------------------------|
| Olivinbasalt                 | Aa-Lava<br>1801      | 41,28 | 69,06 | —10,34 | 3,59 | 3,14 | 0,38             | 17,30 | 8,18 | 7,79 | 2,52 | 1801                     |
| Durchschnitt-<br>liche Lava  | N-Hang<br>2255 m     | 47,92 | 64,84 | —12,76 | 2,70 | 6,58 | 0,43             | 20,21 | 5,21 | 6,51 | 0,98 | Vgl.                     |
| Basalt                       | Strom vom<br>Gipfel  | 55,64 | 45,22 | —0,86  | 4,02 | 5,87 | 0,53             | 9,43  | 6,06 | 4,75 | 4,74 | S. 782                   |
| Olivinbasalt                 | Block,<br>Pitkrater, | 49,32 | 66,48 | —15,80 | 4,01 | 4,31 | 0,43             | 16,96 | 7,28 | 8,51 | 0,98 |                          |
| Feldspat-<br>porphyr.        | Gipfel<br>Block,     | 60,16 | 41,34 | —1,50  | 3,94 | 7,16 | 0,80             | 6,69  | 5,62 | 6,82 | 3,08 |                          |
| Basalt                       | Gipfel               |       |       |        |      |      |                  |       |      |      |      |                          |
| Gabbro                       | Block,<br>Gipfel     | 55,72 | 43,00 | 1,28   | 3,91 | 6,11 | 0,66             | 6,57  | 6,90 | 6,37 | 3,32 |                          |

<sup>1)</sup> Am. Journ. Sc. 41, 1916, S. 175.



| S. 780                             | Mauna Kea                                   | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Erup-<br>tions-<br>folge  |
|------------------------------------|---|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|---|
| Andesin-<br>andesit                | Laupa-<br>hoehoe,<br>Seespiegel             | 70,20 | 33,46 | —3,66  | 6,68 | 4,19 | 1,55             | 7,09  | 3,57 | 3,64 | 4,86 | Mauna<br>Kea<br>Jüng-<br>ste<br>Laven                                   |
| Andesin-<br>andesit                | Poliahoe<br>Cone, Kea-<br>Gipfel<br>3962 m  | 70,48 | 31,60 | —2,08  | 6,01 | 5,60 | 1,35             | 6,55  | 2,77 | 4,86 | 3,24 |   |
| Andesin-<br>andesit                | Noho-<br>naohoe,<br>NW-Flanke<br>823 m      | 76,68 | 34,12 | —10,80 | 6,55 | 6,07 | 1,39             | 7,07  | 2,06 | 7,60 | 0,66 |   |
| Pikritbasalt                       | Kaula<br>Gulch über<br>Oakala               | 24,84 | 88,34 | —13,18 | 1,80 | 2,61 | 0,23             | 28,43 | 8,42 | 6,45 | 1,74 | Ältere<br>Laven<br>des<br>Mauna<br>Kea<br>Kohala<br>Stä-<br>dium<br>III |
| Oligoklas-<br>basalt               | Kaula<br>Gulch über<br>Oakala               | 48,00 | 69,42 | —17,42 | 5,35 | 1,30 | 0,62             | 16,23 | 9,52 | 7,65 | 2,62 |   |
| Andesinbasalt                      | Papalelle<br>Gulch 274 m                    | 54,84 | 45,32 | —0,16  | 4,50 | 4,71 | 0,94             | 7,67  | 5,92 | 7,32 | 3,50 |   |
| Basalt mit<br>Feldspat-<br>Einspr. | Noho-<br>naohoe<br>Cone 823 m               | 55,84 | 46,50 | —2,34  | 3,55 | 6,86 | 0,59             | 9,29  | 6,32 | 6,06 | 3,16 |   |
| Basalt                             | Steinbruch<br>über Lau-<br>pahoehoe<br>61 m | 52,36 | 53,08 | —5,44  | 3,37 | 6,35 | 0,71             | 13,47 | 5,63 | 5,89 | 3,20 |   |
| Basalt                             | Ahualoa bei<br>Honokau<br>582 m             | 50,68 | 54,44 | —5,12  | 3,30 | 6,07 | 0,65             | 11,05 | 6,99 | 8,08 | 2,20 |   |
| Ophitischer<br>Andesinbasalt       | Waipio Pali                                 | 43,80 | 52,20 | 4,00   | 3,10 | 4,75 | 0,25             | 12,54 | 7,22 | 4,50 | 3,68 |   |

Das aktive Zentrum ist der Mauna Loa, 4168 m. Die Linie Mauna Loa bis Mauna Kea bildet mit der Streichrichtung des Kohalarückens einen Winkel von 120°. Diese beiden Vulkane sind Schildvulkane (Bd. I, S. 458). Die Höhe des Berges ist durch neuere Messungen auf 4168 m zu korrigieren.

Die neuen Laven des Mauna Loa sind alkaliarme Basalte bis Andesite, relativ melanokrat. Ihre Zusammensetzung ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung:

| S. 784                 | Dichte | Mauna Loa                      |
|------------------------|--------|--------------------------------|
| Andesinbasalt          | 2,874  | Alikastrom, Aalava 1919        |
| "                      | 2,838  | Aalava von 1887                |
| "                      | 2,955  | Pahoehoe lava von Hilo 1880—81 |
| Pikritbasalt           | 3,094  | Strom 1868                     |
| Andesinbasalt          | 2,816  | Pahoehoe lava 1859, Nordhang   |
| Pikritbasalt           | 3,094  | Strom 1852                     |
| Olivin-Oligoklasbasalt | 2,881  | City of Refuge Honaunau, Kona  |
| Mittel                 | 2,936  |                                |



Ein weiteres aktives Zentrum bildet der Kilauea, am Fuß des Mauna Loa. Das Verhältnis dieser Vulkane zueinander ist ein Problem, das für die Auffassung des ganzen Vulkanismus von ausschlaggebender Bedeutung wird.

Mauna Loa und Kilauea und ihr gegenseitiges Verhältnis.

Zwischen den Gipfeln des Mauna Loa, 4168 m, und des 35 km entfernten Kilauea, 1246 m, besteht eine Niveaudifferenz von 2922 m. Der Mauna Loa macht von Zeit zu Zeit Gipfeleruptionen, im Kilauea ist der Feuersee fast dauernd tätig. So ergibt sich folgende Fragestellung: Sind Mauna Loa und Kilauea zwei selbständige Vulkane, die keine Verbindung miteinander haben, oder ist der Kilauea ein Parasit des Mauna Loa, der aus demselben Herd schöpft und mit ihm in Wechselwirkung steht? Wie ist es dann möglich, daß die Magmasäule in kommunizierenden Schloten, die mit einem U-Rohr vergleichbar sind, fast 3000 m in dem Mauna-Loa-Schenkel höher steigen kann, ohne aus dem Kilauea auszufließen?

Der Beantwortung dieser Fragen soll eine Zusammenstellung der Kilauealaven vorausgeschickt werden. Den neueren ausgezeichneten Analysen von Washington sind sieben alte Analysen von Silvestri beigefügt, obschon diese Analysen den Anforderungen nicht mehr genügen und die Entnahmestellen nicht näher bekannt sind. Es fällt zunächst auf, daß die Silvestrischen Analysen höhere Alkaliwerte zum Teil ergeben. Die Gesteine des Kilaueakraterwalls, die Silvestri untersucht hat, nähern sich den alkalireicheren Kohalalaven, wenn seine Analysen richtig sind.

Um das mit den hydrostatischen Gesetzen scheinbar im Widerspruch stehende Verhalten der beiden Vulkane zu erklären, folgte ich im Bd. I. S. 464 und 336 noch der Hypothese von Daly, nach der der Herd des Kilauea ein Lakkolith oder ein Lagergang sei, welcher sich vom Förderkanal des Mauna Loa abzweigt hat; die Verbindung dieser satellitischen Injektion ist später verloren gegangen und der Kilauea ist ein selbständiger Vulkan geworden. Doch befriedigt die Dalysche Hypothese nach dem heutigen Stand der Kenntnisse nicht mehr recht. Daly führt als Stütze seiner Ansicht eine lakkolithische Intrusion eines Pikritbasaltes unter

| L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge |
|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|----------------|
| 40,60 | 53,22 | 6,18  | 2,84 | 4,47 | 0,32             | 11,16 | 7,45  | 7,18 | 1,64 | 1919           |
| 38,44 | 51,54 | 10,02 | 2,35 | 4,91 | 0,25             | 11,52 | 6,29  | 7,07 | 1,78 | 1887           |
| 40,24 | 51,86 | 7,90  | 2,53 | 5,00 | 0,25             | 11,64 | 6,39  | 7,01 | 1,78 | 1880—81        |
| 29,56 | 77,52 | —7,08 | 1,99 | 3,41 | 0,29             | 25,84 | 4,40  | 8,05 | 0,94 | 1868           |
| 37,36 | 55,12 | 7,52  | 2,65 | 4,04 | 0,32             | 12,05 | 7,25  | 7,50 | 1,52 | 1859           |
| 31,56 | 75,92 | —7,48 | 1,78 | 4,33 | 0,24             | 25,80 | 4,21  | 7,12 | 1,66 | 1852           |
| 34,68 | 71,64 | —6,32 | 3,53 | 1,61 | 0,37             | 18,15 | 10,04 | 6,58 | 2,10 | Rezenter Strom |



Uwekahuna, am Kraterrande des Kilauea (vgl. Bd. I, S. 463), an. Cross und Powers erkannten aber, daß hier ein Pikritbasalt als Strom in einen vorher schon vorhandenen Lavatunnel hineingeflossen ist, daß eine Intrusion also überhaupt nicht vorliegt. Zwischen beiden Vulkanen bestehen, wie später bei der Behandlung der Ausbrüche noch gezeigt werden wird, insofern gewisse Abhängigkeitsbeziehungen, als die Vulkane zeitweilig ein Alternieren ihrer Ausbruchstätigkeit erkennen lassen, was die Dalysche Hypothese nicht erklären kann. Sieht man sich die Zusammensetzung der Kilauealaven an, so ist eine mit der Zeit fortschreitende Entwicklung nicht zu erkennen, vielmehr bleibt trotz einiger Schwankungen in der Zusammensetzung der Charakter der Laven im ganzen auffallend konstant. Bei einem Lakkolithen von nicht sehr großem Volumen müßte man eine stärkere Differentiation und damit eine deutliche Fortentwicklungstendenz der aufeinanderfolgenden Laven nach der sauren und leukokraten Seite hin erkennen. Die rezenten Laven des Kilauea tragen aber ganz den gleichen Charakter, wie die pliozänen Präpahalalaven. Verglichen mit den alkalireicheren Laven des Kraterrandes, die Silvestri beschrieben hat, würde die Entwicklung sogar die entgegengesetzte Richtung eingeschlagen haben.

Eine andere Erklärung versuchte Friedländer. Er weist darauf hin, daß nach allen Störungen in der Tätigkeit beider Berge, wie das zeitweilige völlige Verschwinden des Feuersees, sich immer wieder die Lava-seen auf ihr altes Niveau einstellen. Die Unterschiede der Höhe beider Magmasäulen führt er auf verschiedenen Gasgehalt, verschiedene Temperaturen und verschiedene Zusammensetzung der Laven, kurz auf Unterschiede in den Dichten zurück. Haben aber die Magmasäulen ein verschiedenes Gewicht, so vermag das leichtere Magma, das wäre das Mauna-Loa-Magma, in ein höheres Niveau aufzusteigen. Friedländer setzt für dieses das spezifische Gewicht 2,62, für das Kilauea-Magma 2,74 an. Alsdann würde eine Säule von rund 60 km des Mauna-Loa-Magmas einer 57 km langen Säule des Kilauea-Magmas das Gleichgewicht halten und das rätselhafte Problem wäre gelöst. Allein der Vergleich der beiden Vulkane lehrt, daß ihre Laven kaum verschieden sind, die Projektionspunkte der Loalaven liegen noch ein wenig näher dem melanokraten Pol, als die des Kilaueas, ihre mittlere Dichte ergibt 2,936 gegenüber 2,926 der Kilauealaven. Danach wären umgekehrt die Kilauealaven die leichteren. Der Lavasee des Loa ist, wie Friedländer feststellt, heißer als der des Kilauea, seine Lavafontänen höher, demnach der Gasgehalt größer. Das sind Umstände, die die Dichte des Loamagmas verringern, ob sie aber ausreichen, um den gewaltigen Niveauunterschied von 3000 m der beiden Lavasäulen zu erklären, erscheint mir fraglich.

Zu ganz anderen Auffassungen kommen die geologischen Auf-



| D.     | S. 786—789                       | Kilauea                       | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO   | Mt   | Kilauea                |
|--------|----------------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|-------|------|------------------------|
| 2,956  | Labradoritbasalt                 | Aalava Mauna Iki              | 42,68 | 55,26 | 2,06   | 2,66 | 5,35 | 0,25             | 11,63 | 7,17 | 8,13  | 1,40 | 1920 Rezent            |
| 2,859  | "                                | Pahoehoe lava, Mauna Iki      | 42,96 | 55,98 | 1,06   | 2,70 | 5,34 | 0,31             | 11,61 | 7,40 | 8,54  | 0,88 | 1920 Laven             |
| 2,850  | Labradoritbasalt Peles Haar      | 4 km SW Halemau mau           | 45,08 | 55,96 | —1,04  | 3,13 | 5,01 | 0,38             | 11,79 | 7,87 | 7,62  | 1,40 | 1920                   |
| 2,851  | Labradoritbasalt                 | Aus dem Krater geschöpft 1911 | 42,00 | 60,36 | —2,36  | 2,89 | 4,72 | 0,38             | 13,78 | 7,47 | 8,30  | 1,26 | 1911                   |
| —      | "                                | Pahoehoe lava, Kraterboden    | 43,36 | 54,84 | 1,80   | 2,55 | 5,74 | 0,32             | 12,68 | 6,38 | 7,59  | 1,54 | 1894?                  |
| 3,065  | Pikritbasalt (Ankaramit-Ozeanit) | Nanawale-Strom, Puna          | 26,88 | 84,12 | —11,00 | 1,52 | 3,68 | 0,23             | 28,91 | 4,56 | 8,06  | 1,06 | 1840                   |
| 3,031  | Pikritbasalt                     | West-Kamakaia, Kauwüste       | 27,80 | 84,00 | —11,80 | 1,58 | 3,79 | 0,12             | 30,43 | 2,69 | 7,95  | 1,86 | Dalys Lakkolith        |
| 3,001  | "                                | Unter Uwekahuna               | 22,84 | 88,96 | —11,80 | 1,38 | 2,95 | 0,17             | 31,20 | 4,68 | 7,79  | 1,62 | Eruption 1789?         |
| 3,043  | Olivinbasalt                     | Block bei Uwekahuna           | 38,80 | 60,60 | 0,60   | 2,31 | 5,08 | 0,31             | 14,84 | 6,63 | 8,02  | 1,62 | Alte Laven;            |
| 2,819  | "                                | Block, SW Halemau mau         | 41,80 | 61,46 | —3,26  | 2,72 | 5,01 | 0,31             | 14,84 | 6,49 | 9,09  | 0,62 | Prepahala-Serie        |
| 2,896  | Labradoritbasalt                 | Apophyse im Kraterwall        | 43,96 | 51,50 | 4,54   | 2,49 | 6,01 | 0,25             | 11,12 | 6,26 | 7,67  | 1,40 |                        |
| 3,009  | "                                | Gang im Kraterwall            | 43,36 | 51,78 | 4,86   | 2,50 | 5,84 | 0,31             | 11,41 | 5,95 | 8,22  | 0,62 |                        |
| —      | Basalt                           | Strom im Kraterwall           | 40,52 | 55,60 | 3,88   | 2,25 | 5,63 | 0,31             | 12,58 | 6,70 | 8,02  | 1,00 |                        |
| 3,01   | "                                | Lava Mai 1883                 | 50,04 | 45,14 | 4,82   | 2,80 | 6,91 | 0,67             | 6,52  | 4,00 | 10,19 | 3,72 |                        |
| 2,74   | "                                | Krater Kilauea                | 51,40 | 45,14 | 3,46   | 2,93 | 6,99 | 0,67             | 7,59  | 5,39 | 7,19  | 4,80 |                        |
| 2,990  | "                                | "                             | 51,04 | 52,46 | —3,50  | 3,97 | 4,82 | 0,85             | 8,20  | 7,09 | 9,70  | 2,48 | Analysen von Silvestri |
| 2,76   | "                                | Kraterwall, Kilauea           | 64,04 | 41,94 | —5,98  | 5,17 | 5,67 | 1,31             | 6,49  | 2,20 | 8,69  | 7,18 |                        |
| 2,926  | "                                | "                             | 66,32 | 39,70 | —6,02  | 7,03 | 2,52 | 1,32             | 3,34  | 4,80 | 8,16  | 7,10 |                        |
| Mittel | "                                | "                             | 69,96 | 40,06 | —10,02 | 5,41 | 6,67 | 1,04             | 7,90  | 4,88 | 5,94  | 2,62 |                        |
|        | "                                | "                             | 67,20 | 43,52 | —10,72 | 6,72 | 3,36 | 1,30             | 6,04  | 5,09 | 7,13  | 7,00 |                        |



nahmen der neueren Zeit. Powers gelangt zu dem überraschenden Ergebnis, daß der Kilauea überhaupt älter als der Mauna Loa und ein selbständiger Vulkan ist. Die dünnen Fladenlavaströme in der Umgebung des Kilaueakraters gehen vom Kilauea aus und sind petrographisch von der gleichen Beschaffenheit wie der Kraterrand. Im Gegensatz dazu sind die Loaströme dickere Blocklaven, sie lassen sich leicht unterscheiden. Der Kilauea ist also nicht in die Flanke des Mauna Loa eingeschnitten. Zwischen beiden Vulkanen besteht eine Verwerfungs- oder Erosionsdiskordanz. Der jüngere Mauna Loa hat den Kilauea zum Teil begraben. Der Kilaueadom, der im übrigen dem größeren Mauna-Loa-Dom ähnlich ist, zeigt die Merkmale des Alters weit mehr als sein großer Nachbar. Als solche gelten Aschenkegel und Einbruchskrater, ferner Verwerfungen und Spalten, die vom Kilauea ausgehen. Der Kilauea liegt auf der Verlängerung der Linie Haleakala—Kea, während die jüngsten Spalten des Mauna Loa einen anderen Verlauf nehmen.

Noch weiter geht Noble, er hält die Laven des Kilaueakraterandes sogar vielleicht für Präpahalalaven, also zu den ältesten Laven der Insel gehörig. Der Vergleich der Laven widerspricht nicht dieser Ansicht. Die ältesten Kohalabasalte der Gegend von Waimea sind in der Tat den Laven des Kraterrandes nach den Analysen von Washington und auch den rezenten Laven des Kilauea völlig gleich. Nach dieser letzteren Auffassung wären die Laven im Feuersee des Kilauea lediglich wiederaufgeschmolzene alte, wie oben festgestellt wurde, wahrscheinlich pliozäne Laven. Bei der geringen Variationsbreite aller dieser Gesteine kommt die Magmenvergleichung allerdings auch nicht zu einer eindeutigen Entscheidung der Frage. Auch Jaggard, der langjährige Direktor des Hawaiobservatoriums, hält den Kilauea für den älteren Vulkan. Trotzdem besteht zwischen den beiden Vulkanen ein unverkennbarer Zusammenhang, da ihre Eruptionsperioden alternieren. Ihre Säulen sind verbunden, doch nicht als hydrostatisch wirkende Siphonröhren, sondern als in Verbindung stehende Gasventile.

Mir scheint hier der Vergleich mit einem hohen Schornstein nahe zu liegen, solange sein Zug frei ist, zieht er die Gase stärker ab als ein kleinerer, der mit ihm in Verbindung steht.

Somit kann die Altersfolge Kilauea, Mauna Loa als wohl begründet gelten. Die Schlußfolgerungen, die sich daraus für das Wärmeproblem des Vulkanismus im ganzen ergeben, werden später bei der Behandlung des Kilauea zu ziehen sein.

#### Die mittlere Gruppe und die Lewardsinseln.

Von der gleichen 2000-m-Tiefenlinie werden die Inseln Kahulaui, Maui, Lanai, Molokai und Oahu umspannt.



Die nördlichste Gruppe der Lewardsinseln liegt innerhalb derselben 2000-m-Kurve, zwischen beiden Gruppen wird jedoch das Meer bis zu 4000 m tief. Eine gewisse Übereinstimmung herrscht zwischen den Laven der Inseln des westlichen Bogens Kahulaui, Lenai, West-Oahu, Niihau und den Lewardsinseln Necker, La Perouse und Gardner.

Die Zusammensetzung ihrer Laven gibt die Übersicht auf S. 742.

In den A- und C-Werten stimmen diese Laven am besten mit den Hualalailaven überein. Es ist eine deutliche pazifische Provinz. Man wird kaum fehlgehen, wenn man diesen Bogen auch etwa gleichzeitig angelegt hält. Auf Necker Island erscheint ein Nephelinbasalt, der der Gegenpol zum Pikritbasalt ist. Die Mittelung beider Analysen führt zu einem Gestein mit  $A = 5,92$ ,  $C = 1,42$ , das dem Basalt von Oakala, Mauna Kea entspricht. Hier liegt der Fall der Abspaltung des Nephelinbasalts aus einem allerdings alkalireichen Basalt vor.

Molokai ist eine halbzerstörte Vulkanruine, deren Gabbroherz aufgeschlossen ist, die also wie der Vulkan Kukui mindestens pliozän ist.

Von Oahu liegen eine ganze Anzahl Analysen vor, die älteren Analysen von Lyons entsprechen allerdings nicht hohen Anforderungen. Es fällt zunächst auf, daß die Zahl der relativ sauren Andesite groß ist. Sie entsprechen den Präpahalalaven Hawais und sind daher pliozän.

Die Basalttuffe sind submarin gebildet. Alkaligesteine kommen daneben vor, sie gleichen etwa den Haleakalagesteinen, doch sind sie noch basischer. Kauai bietet das gleiche Bild wie der Haleakala mit seinen Nephelin- und Pikritbasalten, Gesteinen vom atlantischen Typus.

Die folgende Zusammenstellung gibt die Parameter ihrer Gesteine an.

Der Gabbro aus dem Waimea Canyon ist ein essexitischer Gabbro, der Kauai benannt worden ist.

Nihoa zeigt mit Ausnahme eines anscheinend jüngeren Pikritbasalts Laven von der Zusammensetzung der Präpahalalaven, ist daher im wesentlichen pliozän.

Als Resultat dieser Gesteinsvergleichung kann es als gesichert gelten, daß die ältesten anstehenden Laven der Hawaiiinsel wahrscheinlich pazifische Basalte und Andesite pliozänen Alters sind. Durch Aufspaltung entwickeln sich Alkaligesteine und Pikritbasalte von atlantischem Typus. Sie bleiben auf den östlichen Bogen im wesentlichen beschränkt. Die Laven der Gegenwart sind wieder pazifische Basalte.

Von den Inseln des östlichen Bogens ist Maui aus zwei verschiedenen Einheiten zu einer Doppelinselform zusammengeschweißt.

Die ältere ist Westmaui, mit dem Vulkan Kukui oder Maa Laea, 1765 m; ein kleiner Krater Eke, 1469 m, liegt noch etwa 3 km NNO vom Hauptkrater. Der Vulkan ist stärker von der Erosion angegriffen als sein



## Westlicher Bogen: Kahulaui, Lenai, West Oahu, Niihau, Necker, La Pérouse, Gardner.

S. 790—797

| II 7   | Ophit. Andesinbasalt    | Kahulaui Island, unterst. Strom   | 48,12 | 57,54 | —5,66  | 4,14 | 3,75 | 0,13 | 12,22 | 8,08 | 7,83 | 1,38 |
|--------|-------------------------|-----------------------------------|-------|-------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|
| VIII 1 | (Basalt) Andesit        | Lenai Island 415 m                | 51,24 | 46,52 | 2,24   | 2,96 | 6,89 | 0,45 | 10,67 | 5,00 | 7,08 | 1,02 |
| VII 5  | Andesit                 | Koolan Range, Waianae, Oahu       | 50,56 | 39,54 | 9,90   | 3,66 | 5,32 | 0,13 | 10,18 | 6,06 | —    | 7,06 |
| VIII 4 | Andesit                 | Waianae, Oahu                     | 43,92 | 48,90 | 7,18   | 3,38 | 4,22 | 0,19 | 15,02 | 6,20 | —    | 6,46 |
| VIII 6 | Andesit                 | Nuuanu Pali, Oahu                 | 48,16 | 49,42 | 2,42   | 3,01 | 6,02 | 0,19 | 10,96 | 6,08 | 6,53 | 2,30 |
| VIII 3 | Andesit                 | Waianae, Oahu                     | 67,88 | 31,74 | 0,38   | 4,97 | 7,03 | 0,68 | 6,27  | 2,92 | 4,02 | 5,32 |
| VII 20 | Andesit                 | Keanahui Valley, Kao Cone, Niihau | 48,72 | 47,66 | 3,62   | 2,82 | 6,54 | 0,46 | 11,19 | 4,72 | 6,41 | 3,02 |
| VII 21 | Basalt                  | Kalaalau Valley, Kao Cone, Niihau | 52,56 | 55,46 | —8,02  | 2,95 | 7,24 | 0,32 | 14,99 | 5,57 | 6,40 | 1,54 |
| VII 22 | Basalt                  | Puuwai Cone, Niihau               | 48,72 | 61,12 | —9,84  | 3,03 | 6,12 | 0,25 | 15,53 | 6,25 | 8,09 | 1,38 |
| VII 23 | Basalt                  | Nonpapa Cone, Niihau              | 46,16 | 64,78 | —10,94 | 2,54 | 6,46 | 0,37 | 19,12 | 5,52 | 6,94 | 1,62 |
| VII 19 | Limburgit               | Nonpapa Landing, Niihau           | 50,00 | 66,70 | —16,70 | 3,08 | 6,34 | 0,44 | 19,66 | 6,41 | 6,71 | 1,14 |
| IX 5   | Andesinbasalt (Andesit) | SW Kap Necker Island              | 41,12 | 51,60 | 7,28   | 2,95 | 4,38 | 0,33 | 10,34 | 7,47 | 6,75 | 2,48 |
| IX 6   | Olivinbasalt            | Sill NW Kap, Necker Island        | 48,28 | 57,60 | —5,88  | 3,68 | 4,71 | 0,71 | 12,20 | 9,17 | 6,01 | 2,84 |
| IX 7   | Pikritbasalt            | Strom Necker Island               | 25,16 | 82,48 | —7,64  | 2,36 | 1,57 | 1,09 | 27,21 | 7,08 | 4,89 | 4,12 |
| IX 8   | Pikritbasalt            | Strom Necker Island               | 32,32 | 77,80 | —10,12 | 1,87 | 4,34 | 0,36 | 25,81 | 4,65 | 7,17 | 2,54 |
| IX 9   | Nephelinbasalt          | Rand des Ganges, Necker Island    | 81,04 | 36,46 | —17,50 | 9,49 | 1,28 | 1,02 | 5,35  | 8,14 | 2,44 | 4,60 |
| IX 11  | Olivinbasalt            | La Pérouse Rock                   | 36,48 | 73,76 | —10,24 | 2,33 | 4,46 | 0,37 | 24,22 | 5,75 | 6,24 | 1,34 |
| IX 10  | Olivinbasalt            | La Pérouse Rock                   | 37,04 | 75,02 | —12,06 | 2,46 | 4,34 | 0,25 | 26,29 | 5,89 | 4,17 | 2,32 |
| IX 12  | Labradoritbasalt        | Gardner Rock                      | 58,88 | 48,28 | —7,16  | 5,71 | 3,30 | 2,06 | 9,49  | 8,05 | 4,33 | 4,54 |

vgl. Hualalai 2

vgl. VIII 4

vgl. II 7

Ankaramit-

Oceanit



## Östlicher Bogen.

S. 794

| S. 794  | Östlicher Bogen.       |                             | L     | M     | Q      | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt    |
|---------|------------------------|-----------------------------|-------|-------|--------|------|-------|------------------|-------|-------|------|-------|
| VIII 2  | Gabbro                 | Wailau Valley, Molokai      | 66,64 | 38,64 | —5,28  | 4,27 | 8,12  | 0,67             | 6,73  | 4,94  | 6,85 | 1,60  |
| VIII 5  | Basalt (Andesit)       | Koolan Range, Waianae, Oahu | 50,56 | 39,54 | 9,90   | 3,66 | 5,32  | 0,13             | 10,18 | 6,06  | —    | 7,06  |
| VIII 4  | Basalt (Andesit)       | Waianae, Oahu               | 43,92 | 48,90 | 7,18   | 3,38 | 4,22  | 0,19             | 15,02 | 6,20  | —    | 6,46  |
| VIII 3  | Basalt (Andesit)       | Waianae, Oahu               | 67,88 | 31,74 | 0,38   | 4,97 | 7,03  | 0,68             | 6,27  | 2,92  | 4,02 | 5,32  |
| VIII 6  | Basalt (Andesit)       | Nuuanu Pali, Oahu           | 48,16 | 49,42 | 2,42   | 3,01 | 6,02  | 0,19             | 10,96 | 6,08  | 6,53 | 2,30  |
| VIII 10 | Basaltuff (Andesituff) | Salt Lake, Oahu             | 47,27 | 40,00 | 12,73  | 2,00 | 7,37  | 0,21             | 15,01 | 1,79  | —    | 9,98  |
| VIII 11 | Basaltuff              | Diamond Head, Oahu          | 48,36 | 67,46 | —15,82 | 3,73 | 4,63  | 0,69             | 19,97 | 10,44 | —    | 6,64  |
| VIII 12 | Basaltuff              | Punch Bowl, Oahu            | 48,16 | 68,71 | —16,87 | 3,01 | 6,02  | 1,12             | 20,38 | 10,72 | —    | 6,51  |
| VIII 8  | Nephelinmelilithbasalt | Panahou, Oahu               | 51,72 | 66,30 | —18,02 | 5,05 | 2,83  | 0,54             | 17,92 | 8,02  | 1,35 | 11,72 |
| VIII 7  | Melilithbasalt         | Molili Church, Oahu         | 50,04 | 84,24 | —34,28 | 6,06 | 0,39  | 1,24             | 17,41 | 14,86 | 7,18 | 5,34  |
| VIII 8  | Nephelinmelilithbasalt | Panahou, Oahu               | 62,80 | 78,12 | —40,92 | 8,12 | —0,27 | 1,40             | 16,03 | 14,30 | 4,93 | 5,98  |
| VII 28  | Pikritbasalt           | Lihue, Kauai                | 36,80 | 87,08 | —23,88 | 3,93 | 1,34  | 0,80             | 24,83 | 11,54 | 4,90 | 4,54  |
| VII 27  | Nephelinmelilithbasalt | Kilauea-Bai, Kauai          | 35,40 | 86,52 | —21,92 | 3,14 | 2,57  | 0,38             | 22,02 | 13,28 | 5,71 | 4,50  |
| VII 26  | Pikritbasalt           | Makawele Canyon, Kauai      | 39,40 | 73,04 | —12,44 | 2,65 | 4,55  | 0,49             | 20,44 | 7,25  | 7,76 | 1,60  |
| VII 25  | Basalt                 | Olokele Canyon, Kauai       | 40,00 | 62,84 | —2,84  | 1,78 | 6,44  | 0,18             | 20,74 | 1,60  | 8,47 | 1,22  |
| VII 24  | Essexitgabbro (Kauait) | Waimea Canyon, Kauai        | 53,64 | 54,16 | —7,80  | 5,60 | 2,21  | 1,00             | 9,01  | 10,47 | 5,67 | 3,86  |

Ankaratrit

Pliozäne  
Präpähala  
Laven.



| S. 796 |                  | Nihoa Island | L     | M     | Q     | A    |
|--------|------------------|--------------|-------|-------|-------|------|
| IX 4   | Pikritbasalt     | Strom        | 33,32 | 75,62 | -8,94 | 2,28 |
| IX 1   | Andesinbasalt    | Gang         | 47,00 | 50,70 | 2,30  | 3,53 |
| IX 2   | Labradoritbasalt | Strom        | 50,84 | 46,16 | 3,00  | 2,59 |
| IX 3   | Feldspatbasalt   | Strom        | 45,68 | 52,84 | 1,48  | 2,59 |

größerer Nachbar auf Ostmaui, folglich der ältere. Das Jao-Tal schneidet sogar das aus Gabbro bestehende Herz des Vulkans an.

#### S. 790 Laven des Kukui auf Westmaui.

|                     |                 | L     | M     | Q     | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |
|---------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|------|------------------|-------|------|------|------|
| Anorthoklas-trachyt | Launiupoko Hill | 92,48 | 4,17  | 3,35  | 11,14 | 0,84 | 2,61             | 0,28  | 0,50 | —    | 2,61 |
| Oligoklasandesit    | Jao Valley      | 90,40 | 12,16 | -2,56 | 10,08 | 2,44 | 2,10             | 1,49  | 0,94 | 2,84 | 1,62 |
| Andesinbasalt       | " "             | 49,80 | 48,62 | 1,58  | 3,23  | 5,99 | 0,46             | 8,17  | 7,65 | 7,30 | 2,38 |
| Gabbro              | " "             | 37,24 | 66,22 | -3,46 | 2,55  | 4,21 | 0,19             | 18,29 | 7,82 | 5,95 | 2,10 |

Die Übereinstimmung der Kukuilaven mit denen des Kohala ist ganz auffallend. In beiden Gebieten erscheinen die sonst so seltenen Trachyte. Das Alter dieses Vulkans ist pliozän. Hier vollzieht sich auch der Wechsel vom pazifischen zum atlantischen Magmatypus. Der letztere scheint der jüngere zu sein, eine eingehendere Klärung der Lagerungsverhältnisse wäre von besonderer Wichtigkeit.

Westmaui trägt den ungleich größeren Vulkan Haleakala, 3058 m, er ist noch in historischer Zeit tätig gewesen; sein Hauptkrater besitzt geringe Fumarolentätigkeit. Die Erosion hat ihn noch nicht so tief angenagt. Der Haleakala gehört mit seinen Laven ganz dem atlantischen Typus an. Wie die Übersicht zeigt, sind es trachydoleritische Gesteine, Kohalaite nach Iddings, wie sie am Kohala vorkommen, ferner Nephelinbasalte und Pikritbasalte, die sich aus trachydoleritischen und basaltischen Magmen aufspalten.

#### Laven des Haleakala auf Ostmaui.

| Nr.    | S. 790—793                    | Vulkan Haleakala                          |
|--------|-------------------------------|---|
| VII 18 | Limburgit                     | Pimoe Cone, Lava 1750                     |
| VII 17 | Pikritbasalt                  | Namaunakeakua-Kegel, Kraterboden          |
| VII 16 | Nephelinbasalt                | Rest House, Gipfel                        |
| VI 11  | "                             | "   |
| VII 15 | "                             | Red Hill, Gipfel                          |
| VI 10  | "                             | Olinda-Weg, 3 miles v. Rest House, N-Hang |
| VI 9   | "                             | 2 miles über Olinda, N-Hang               |
| VI 7   | Andesinandesit, Trachyandesit | Gipfel White Hill                         |
| VI 8   | "                             | Gipfel Rest House                         |
| VI 6   | Oligoklasandesit              | Veira Ranch, Südhang Pukalale             |



| C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |                                      |
|------|------------------|-------|------|------|------|--------------------------------------|
| 3,77 | 0,42             | 25,94 | 4,08 | 6,35 | 2,88 | Präpahala-Serie<br>vgl. Kohalavulkan |
| 4,69 | 0,32             | 10,46 | 6,61 | 7,19 | 2,18 |                                      |
| 7,53 | 0,32             | 11,80 | 3,43 | 6,94 | 1,82 |                                      |
| 6,24 | 0,06             | 16,69 | 3,76 | 3,76 | 4,42 |                                      |

### 3. Die Hawai-Vulkanzone und ihre Tätigkeit.

Die Beschreibung der jüngeren Vulkanbauten, die teils noch tätig sind, teils noch einigermaßen erhaltene Oberflächenformen zeigen, soll im Norden beginnen. Im Gebiet der Lewardsinseln, zwischen Laysan und Kauai, erschienen nach Elschner 1906 große driftende Bimssteinmassen, die auf einen submarinen Ausbruch in dieser Gegend schließen lassen.

Ein altes vulkanisches Zentrum bildet die Insel Niihau, 457 m, in 22° 53' N.Br., 160° 30' W.L., nach Powers ist nur noch die Westhälfte des Vulkans erhalten.

Kauai besitzt eine Vulkanruine im Welaleale, 1525 m, in 22° 4' N.Br. und 159° 30' W.L.; den NW-Rand der Insel spricht Powers als Kratersegment an.

Oahu, 21° 30' N.Br., 158° W.L., läßt deutlich zwei Zentren erkennen, im Westen der Kaala, 1230 m, im Osten der Konahuanui, 950 m. Wenn auch diese Berge von der Erosion stark mitgenommene Vulkanruinen sind, so kommen doch nach Wentworth zwanzig Aschenkegel mit wohl erhaltenen Formen an der Südküste vor, wie der Diamond Head, 230 m, Punchbowl, Salt Lake Crater, Tantaluskater, Kokokrater, Ulupaukrater u. a. m. Wentworth schildert die Reihenfolge der Ereignisse folgendermaßen: Nach Beendigung der vulkanischen Tätigkeit in der Koolau-Range trat eine lange Erosion ein, die Korallenriffe wuchsen und die Insel wurde um einige hundert Fuß versenkt. 12 m über dem heutigen Meeresspiegel wurde dann eine Brandungskehle eingeschnitten und das

| L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge        |
|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|-----------------------|
| 47,24 | 68,62 | —15,86 | 3,05 | 5,71 | 0,56             | 18,02 | 6,72 | 9,32 | 0,50 | 1750                  |
| 31,72 | 81,16 | —12,88 | 1,78 | 4,37 | 0,37             | 22,26 | 9,41 | 7,74 | 2,34 | 1750                  |
| 52,20 | 54,36 | —6,56  | 3,56 | 5,93 | 0,67             | 11,24 | 8,07 | 4,77 | 6,20 |                       |
| 58,76 | 56,82 | —15,58 | 4,96 | 4,77 | 0,98             | 12,74 | 6,53 | 8,03 | 2,22 |                       |
| 50,96 | 60,26 | —11,22 | 4,95 | 2,84 | 0,92             | 10,44 | 9,91 | 8,00 | 3,56 |                       |
| 74,08 | 42,98 | —17,06 | 7,88 | 2,76 | 1,28             | 6,80  | 7,55 | 5,25 | 3,78 |                       |
| 67,12 | 44,38 | —11,50 | 6,62 | 3,54 | 1,34             | 7,08  | 6,82 | 6,95 | 2,68 |                       |
| 83,16 | 31,32 | —14,48 | 8,89 | 3,01 | 2,12             | 4,24  | 5,54 | 3,90 | 3,96 | Pliozän?<br>Kohalaite |
| 81,52 | 34,94 | —16,46 | 8,50 | 3,38 | 1,35             | 4,66  | 5,66 | 5,33 | 3,64 |                       |
| 76,60 | 33,00 | —9,60  | 8,05 | 3,05 | 1,62             | 4,67  | 4,93 | 5,68 | 2,44 |                       |



Wailea-Cliff gebildet. In diesem Niveau blieb die See eine Zeitlang stehen, die Fort-Shafterterrasse und andere Terrassen wurden angelegt. Dann fanden die Ausbrüche des Diamond Head, der Punch Bowl, des Salt Lake Crater und der anderen kleinen Krater statt. Der nächste Abschnitt beginnt zunächst mit der Erosion dieser Gebilde. Oahu taucht bis zum 3,6-m-Spiegel, die letzten Basalteruptionen und schwarzen Aschenausbrüche aus den genannten Kratern fanden statt. Am längsten blieben die Krater der Kokogruppe in Tätigkeit. Wentworth schätzt den letzten Ausbruch auf 5000 Jahre zurückliegend.

Auf Molokai,  $21^{\circ} 8' \text{ N. Br.}$  und  $157^{\circ} \text{ W. L.}$ , sind wieder zwei Zentren zu zählen, das eine im Westen, das andere im Osten. Formen sind so gut wie nicht erhalten. Die fast gradlinige Nordküste von Molokai ist nach Powers ein 1000 m hoher Bruch, so daß von dem zweiten Vulkan nur der Südrand erhalten wäre; er kulminiert im Olokui zirka 1000 m, der Rest ist in das Meer versunken. Weitere erloschene und zum Teil zerstörte Vulkane tragen Lenai, 900 m,  $20^{\circ} 45' \text{ N. Br.}$  und  $156^{\circ} 45' \text{ W. L.}$ , und Kahoolawe (Kahulau),  $20^{\circ} 32' \text{ N. Br.}$  und  $156^{\circ} 40' \text{ W. L.}$

Westmaui besitzt eine stärker zerstörte Vulkanruine Kukui oder Maa Laea mit dem Eeka, 1765 m, in  $20^{\circ} 50' \text{ N. Br.}$  und  $156^{\circ} 38' \text{ W. L.}$

Alle diese Vulkane sind erloschen und die Tätigkeit hat sich auf das südliche Ende der Zone zurückgezogen.

Ostmaui hat den ersten noch tätigen Vulkan, Haleakala, 3058 m. Er besitzt nach Friedländer einen unregelmäßigen Zentralkrater, der in den Lavavulkan eingesenkt ist; er wird von gradlinigen Verwerfungen begrenzt und stellt zwei im Winkel sich schneidende Grabenbrüche dar. Gegen NO verläuft das 1,5 km breite Koolautal, gegen S das weniger tief eingeschnittene Kaupotal, das dritte, am weitesten gegen Osten eingeschnittene Aleenuital erreicht den Krater nicht mehr. Friedländer nennt diese Täler „vulkanische Muldentäler“. Der Kraterboden ist mit Aschen- und Schlackenkegeln bedeckt. Trotz dieser offensichtlichen Alterserscheinungen hat der Vulkan in historischer Zeit Ausbrüche gehabt. Sie gehen von einer SSW verlaufenden Spalte aus (vgl. Karte Abb. 64). Die Ausbrüche fanden um das Jahr 1750 herum statt; die Laven sind, wie oben gezeigt wurde, Limburgite und Pikritbasalte.

Auf der großen Insel Hawai finden sich eine ganze Anzahl größerer Vulkane. Das älteste Gebilde ist der Kohala (Walfisch), 1678 m, ein vulkanischer Rücken vom Pansanche-Typus. Erloschen ist ferner der größte Vulkan der Insel, der Mauna Kea oder Weiße Berg, 4214 m, ein Schildvulkan, wie der Mauna Loa. Dieser Berg läuft in ein dreieckiges Gipfelplateau aus, ohne zentralen Krater oder Caldera. Möglicherweise hat er auch einmal einen Einsturzkrater besessen, der dann durch die





Abb. 64.

explosive Endphase verschüttet worden ist. Zahlreiche kleine Aschenkegel sind über seinen Gipfel und seine Gehänge verstreut.

Auf seiner Westflanke erhebt sich der Hualalai, 2520 m. Brigham bestieg den Gipfel 1889 und fand eine Reihe von Pittkratern auf dem



Gipfelplateau. Sie sind einander ähnlich, 90—150 m tief, mit einem Durchmesser von 200—300 m. Vegetation fand sich in den Kratern. Spuren der Tätigkeit konnten nicht entdeckt werden. Der einzige historische Ausbruch, der als gesichert gelten kann, fand im Jahre 1801 statt. Der Strom entsprang dicht unter dem Gipfel, teilte sich dann in zwei Arme; er muß sehr dünnflüssig gewesen sein, denn er legte die 24 km lange Strecke bis zur Küste in 24 Stunden zurück. Aschenkegel und Pittkrater finden sich auch auf den Flanken.

### Mauna Loa.

Der Mauna Loa, 4168 m, 19° 30' N.Br., 155° 55' W.L., ist ein Schildvulkan mit einer konvexen Profillinie. Die Gehänge sind anfänglich sehr flach, etwa 2°, nur sehr allmählich steigen sie bis zu 10° in 3000 m Höhe an, dann wird die Böschung bis 4000 m immer flacher, die Höhe krönt ein Gipfelplateau, in das der große Einsturzkrater Mokuaweoweo eingelassen ist. Die große Achse seiner elliptischen Form beträgt 6 km, die kleine 3 km, seine Tiefe 300 m. Eine große Spalte streicht in der Längsachse von NNO—SSW, von ihr gehen die meisten Lavaströme aus. Der Krater ist terrassiert; in halber Höhe ziehen sich im N und S die Terrassen hin, im äußersten NO ist noch eine höhere Terrasse angelegt. Im Boden der Nordterrasse ist ein 400 m großes und 250 m tiefes Loch eingesenkt; ein über doppelt so großer Trichter findet sich im Südwestende (Friedländer). Karte S. 732.

Die Geschichte des Mauna Loa beginnt mit dem Jahre 1832; er wurde von dem Botaniker Douglas 1837 zuerst erstiegen. Man weiß nichts, wie sich der Vulkan während der plinianischen Phase des Kilauea 1789 verhalten hat. 20. Juni 1832 brachte einen mäßigen subterminalen Lavaaustritt aus mehreren Boccen. 9. Januar bis Februar 1843 kam aus 3350 m Höhe ein starker Lavaerguß, der sich in drei Äste gabelte und gegen Hilo, Waimea und den Hualalai abfloß. Der Mai 1849 ließ Lichtschein auf dem Gipfel wahrnehmen und einen Lavasee vermuten, ebenso der 8. bis 12. August 1851; diesmal floß 300 m unter dem Gipfel ein 16 km langer, 1½ km breiter Lavastrom mit 122 Mill. cbm Volumen gegen Westen ab (Sapper). 17. Februar 1852 Lavasee und Lavaausfluß im Norden und gegen Osten; der Oststrom entsprang in 3000 m Höhe, die Lava wurde an der Quelle 120—240 m hochgeschleudert, der Strom erreichte 32 km Länge, Volumen 300 Mill. cbm (Sapper). Der 11. August 1855 lieferte auf der NO-Flanke in 3600 m Höhe einen 42 km langen Strom von 455 Mill. cbm Inhalt — nach Hitchcock eine Spalteneruption —, Schlackenkegel kündeten den Verlauf dieser Spalte vom Gipfel bis zur Bocca. Ein gewaltiger Fladenlavastrom von 53 km Länge entsprang am 23. Januar 1859 in 3200 m, er erreichte am 31. Januar im NW das Meer. Wieder nahm er



seinen Ausgang von einer  $6\frac{1}{2}$  km langen Spalte, sein Lavavolumen betrug nach Penck 2,73 cbkm. Ein submariner Ausbruch im NW fällt vermutlich in dasselbe Jahr. 30. Dezember 1865 bis Mai 1866 lag Lichtschein über dem Gipfel und ließ einen Lavasee erwarten.

Hiermit schließt der erste Abschnitt in der bekannten Geschichte des Vulkans. Diese Periode ist durch subterminale Lavaströme, die aus Spaltenenden heraustreten, gekennzeichnet. Die Ströme entspringen vorwiegend im Norden und werden immer länger, 16, 32, 42, 53 km, was auf eine Zunahme der Dünnsflüssigkeit hindeutet. Die Intervalle zwischen den Effusionen werden kürzer, wenn man 1851 und 1852 als zusammengehörig rechnet, in 11, 8, 4 Jahren.

Mit dem Jahre 1868 beginnt im Leben der beiden Vulkane Mauna Loa und Kilauea ein neuer Abschnitt. Ein Blick auf die Tabelle der Mauna-Loa-Laven, S. 736, lehrt, daß mit diesem Jahre die Laven ihre Zusammensetzung ändern, Q sinkt von + 7,52 auf — 7,08. Mit dem Zustrom basischer Laven belebt sich der Vulkan. Die später folgenden Laven werden allmählich wieder saurer und erreichen die alten Q-Werte. Zahlreiche schwere Beben kündigen die Ereignisse an, es öffnen sich mächtige Spalten. Am 28. März tritt zum ersten Male Lava auf der Südseite aus, zunächst vier Ströme SW, S und O vom Gipfel. Ein Spaltenerguß in dem tiefen Niveau von 1700 m setzte im Kahuku-Distrikt am 7. April ein und erreichte in zwei Stunden das Meer, sein Volumen rechnet Penck zu 1,67 cbkm aus. Während im Januar 1870 der Krater stark rauchte, bildete sich 1872 ein Lavasee aus, der eine 23 m breite Lavafontäne 150 m hoch warf. Dieser Zustand dauerte mit wechselnder Stärke durch 1873. 1877 steigerte sich die Tätigkeit wieder, es kam am 24. Februar zu einem Lavaerguß im Krater und am 24. Februar an der Westküste S von Kealakekua zu einem submarinen Ausbruch.

Ein neuer Ausbruch wurde 1880 eingeleitet. Anfangs Mai kochte die Lava im Südkrater und wurde 300 m hoch geschleudert, am 5. November trat wieder die Nordseite des Vulkans in Tätigkeit, aus einer Spalte in 3350 m Höhe floß Lava gegen den Mauna Kea zu, ein zweiter Strom wandte sich südwärts gegen Kau, ein dritter aus einem tieferen Niveau nahm seinen Lauf gegen Hilo im Osten und brachte die Stadt in die höchste Gefahr, am 10. August kam er aber  $\frac{1}{2}$  km oberhalb der Stadt zum Stillstand. Die Ströme erreichten 16 und 19 km, der dritte über 51 km, Volumen nach Hitchcock 413 Mill. cbm, nach Penck 2,01 cbkm.

Ende 1886 beginnen Beben einen neuen Ausbruch einzuleiten, und zwar diesmal im Süden. Am 16. Januar 1887 erscheint die Lavasäule nicht weit von dem kleinen Südkrater Pohaku o Hanalli, 3500 m. Eine Spalte in Kau reißt auf, hoch sprudelt die Lava hervor, die in einem Tage die 32 km entfernte Küste erreicht.



Mit ziemlicher Regelmäßigkeit dauern die Ruhepausen jetzt zehn Jahre, die Ausbrüche erfolgen abwechselnd auf der Süd- und Nordseite. April bis Mai 1896 war der Feuersee wieder da, am 4. Juli 1899 setzte die Tätigkeit auf der Nordseite in der Gegend der Eruption von 1881 ein. 50 m spritzen die Lavafontänen hoch, zwei Ströme flossen gegen Hilo und Kau. Oktober bis Dezember 1903 ergoß der Feuersee einen  $1\frac{1}{2}$  km langen Strom innerhalb des Kraters.

Der nächste große Ausbruch wurde am 7. Januar 1907 beobachtet, jetzt kam wieder die Südseite an die Reihe. Zwei gewaltige Lavaströme entsprangen etwa in 2000 m und eilten in Kahnhuku gegen das Meer, ohne es zu erreichen, sie stauten sich unterwegs zeitweilig zu einem Lavasee an, aus dem Lavafontänen 15 bis 18 m hoch aufschlugen. Der größere Strom erlangte die Länge über 56 km. Auch nordwärts sind am 4. Juli 1899 zwei Ströme aus dem Deweey-Krater ausgeflossen (J a g g a r). Baldwin schätzt ihr Volumen zu 153 Mill. cbm.

Der nächste Ausbruch trat mit Verspätung im Jahre 1914 ein. Am 25. November 1914 erschienen im Gipfelkrater große Lavafontänen, bis in das nächste Jahr dauerte dieser Zustand an. Lava floß im Gipfelkrater aus und erhöhte seinen Boden. Auf den Gipfelausbruch blieben die Erscheinungen beschränkt.

Am 19. Mai 1916 erfolgte der nächste Seitenausbruch, diesmal entgegen der Regel, daß die Ströme im Norden und Süden abwechseln.

Zunächst erschienen zwei Ströme aus 3000 m, der eine nahm seinen Lauf zwischen den Strömen von 1868 und 1887, der andere floß gegen SO von Honomalina. Am 21. Mai aber öffnete sich in der Nähe des Aschenkegels Puu-o-keokeo in 1975 m ein neuer Feuerschlund und Lava ergoß sich. Die Lavaentlastung trat um 23 Uhr 10 ein, gleichzeitig sank auch im Kilauea die Lavasäule, um danach sofort wieder anzusteigen. Dieses Zusammentreffen beweist eindringlich den Zusammenhang zwischen beiden Vulkanen. Wieder nach Süden erfolgten die Lavaströme des Jahres 1919 und 1920. Der letzte Ausbruch begann am 10. April 1926 am kleinen Krater Pohaku Hanalei in einer Höhe zwischen 3600 und 4000 m. Der Strom floß bei Hoopuloa ins Meer. Am 22. April floß ein zweiter Strom etwas weiter südlich in gleicher Richtung ab, ohne das Meer zu erreichen. Ein dritter Ast wandte sich gegen SO. An der Gabelstelle hatte sich ein Lavasee gestaut, aus dem 115 m hohe Lavafontänen hochschlugen. Noch in einer Entfernung von 10 km konnte man das Brausen der entweichenden Gase hören (Friedländer).

Die Mauna-Loa-Ausbrüche sind untereinander meist sehr ähnlich. Sie erfolgen periodenhaft. Die Perioden von zehn Jahren werden aber von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Lavaanhäufungen und Entlastungen spielen dabei sichtlich eine Rolle. Auch astronomische Einflüsse können



sich geltend machen. Die Ausbrüche nehmen ihren Ausgang von der großen Spalte NO—SW, und zwar bis zum Jahre 1868 gehen sie von der Nordseite, von 1868—1899 abwechselnd von der Nord- und Südseite und in diesem Jahrhundert endlich nur noch von der Südseite aus.

Erdbeben pflegen die Ausbrüche einzuleiten. Das nächste Stadium sind Gas- und Dampfexplosionen, dann folgen Gasentbindungen in Lavafontänen, weiter Ausfließen von Magma, endlich Verfestigung.

Neue Ansammlungen von Gasen und Magma bereitet einen neuen Zyklus vor. Unter diesen Umständen können die Perioden auch nicht scharf sein.

### K i l a u e a .

K i l a u e a , 1246 m, 19° 22' N.Br., 155° 18' W.L., ist ebenfalls ein Schildvulkan mit einem großen Einsturzkrater. Er besitzt eine Länge



Abb. 65. Profil durch den Kilauea und Kilaueaiki nach Friedländer.

von 5 km und eine Breite von 3 km. Der Krater ist von mehrfachen Terrassen umgeben. Der Boden liegt etwa 90 m unter dem Rande. Das ständig aktive Zentrum, der Halemaumau, liegt in der Südwestecke. Die Topographie des Kilaueakraters hat durch die Ausbrüche im Laufe der Zeit manche Veränderungen erfahren. Diese Veränderungen sind Bd. I, S. 458—465 behandelt und durch Karten veranschaulicht worden, so daß sich ein nochmaliges Eingehen an dieser Stelle erübrigt.

Im Osten des Kilaueakraters, nur durch eine schmale Wand getrennt, liegt ein kleinerer Einsturzkrater, der Kilauea Iki, 1197 m, mit einem Durchmesser von 900 m, im Südosten ein zweiter, der Keana koe, mit einem Durchmesser von 300 m. Andere kleine Pittkrater sind über die Puna verstreut.

Ein hufeisenförmiges, an das Val de Bove am Ätna erinnerndes Tal ist nach Friedländer der Kessel von Mohekea in der Kauwüste, südlich vom Mauna Kea. Im Inneren des Kessels sind anscheinend horstartig stehengebliebene Massen zu sehen. Friedländer deutet dieses Gebilde als ein zwischen zwei Radialspalten durch Verwerfung entstandenes Sektortal. Ein weiteres System von Spalten und Verwerfungen zieht sich vom Kilauea gegen SW.



Die Ausbruchsgeschichte des Kilauea beginnt mit dem Jahre 1789. Eine plinianische Eruption leitete einen neuen Zyklus ein, offenbar nach längerer Zeit der Ruhe. Aschen, Sande, Schlacken und Bomben bedeckten in weitem Umkreis die Gegend um den Vulkan bis zu 8—9 m Mächtigkeit, auch Glutwolken gingen nieder (Sapper). Dieser Typus ist ganz ungewöhnlich und weicht von den normalen Kilaueaeruptionen stark ab.

Wir wissen nichts über die Vorgeschichte des Vulkans, doch als der erste Europäer, der Missionar Ellis, den Kilaueakrater 1823 besuchte, sah er bereits eine schwarze Ringterrasse 274 m unter dem Krater- rand und 120 m tiefer einen Feuersee. Daraus geht mit Sicherheit hervor, daß jene plinianische Explosion den Krater nicht ausgesprengt haben kann, sondern daß derselbe ein schon vorher existierender Einsturzkrater war, die vorgeschichtlichen Eruptionen also im wesentlichen denselben Charakter, wie die geschichtlichen, tragen. Die Tätigkeit der Kilauea- eruptionen besteht in einem pulsierenden Auf- und Absteigen der Magmasäule im Halemaumau. Flankeneruptionen sind im Gegensatz zum Mauna Loa selten. Der erste historische Flankenausbruch ist nach Stearn der Keaiwastrom des Jahres 1823 gewesen, der von einer 10 km langen Spalte ausging.

Um nun die Pegelangaben des Feuersees miteinander vergleichen zu können, mögen folgende Höhenangaben als Fixpunkte benutzt werden: Vulkanhaus 1231 m, Uwekahuna 1266,8 m, Höhe des westlichen Krater- randes 1240 m.

Bezogen auf diesen Fixpunkt lag die schwarze Terrasse 1823 in 966 m, der Lavaspiegel in 846 m Höhe. 1825 stieg der Lavasee in ein wesentlich höheres Niveau, Oktober 1928 220—250 m unter die Ringterrasse, also in 746—716 m, 25. Oktober 1829 blieb die Lava 60 m unter der Terrasse bis zu 906 m, eine Kette von Lavaseen bedeckte den Kraterboden.

Mit dem Jahre 1832 setzt die gemeinsame Geschichte der beiden großen Vulkane ein. Die Lava kam 15 m über die Terrasse auf 981 m hoch, die dünne Wand gegen den Kilauea Iki gab nach, und so floß sie in den benachbarten Pittkrater hinein. Im November sank die Lavasäule 275 m unter die Terrasse in 691 m. Sapper vermutet einen submarinen Ausfluß, möglicherweise hat der Mauna Loa die Entlastung gebracht, der in diesem Jahre gleichfalls tätig war. 1834 sah man zwei kochende Lava- seen, im Mai 1838 war die Terrasse fast ganz überflutet, Lava in ca. 960 m, ein großer Lavasee und fünf kleinere, ferner acht Aschenkegel waren in Tätigkeit.

1839 war die Ringterrasse ganz überflutet, ca. 970 m, und 1840 der ganze Krater ein großer Feuersee. Am 1. Juni brach der Nanawalestrom in 379 m hervor, 43 km vom Kilauea entfernt, und erreichte in zwei Tagen



das Meer. Seine Länge betrug 17,5 km, sein Lavavolumen nach Penck 0,63 cbkm.

Als 1840 Dana den Kilauea besuchte, war der Boden des ersten Kraters auf 1043 m durch die wiederholten Überflutungen erhöht worden. Außer dem Halemaumau waren zwei weitere Seen tätig. 16. Januar 1841 entsandte ein kleiner See einen Lavastrom in den Krater, der Halemaumau floß über, Lavaniveau 1043 m. Juli 1844 floß der Lavasee wieder über, die Lava entleerte sich gegen N und NO. 1846 hatte sich der Boden des inneren Kraters um 120—150 m erhöht, Niveau etwa in 1057 m, der Lavasee von 600 bis 730 m Durchmesser war nur schwach tätig, der vulkanische Zyklus näherte sich seinem Ende. 1847 war die Lava sehr ruhig, 1848 zugefroren, die Erstarrungskruste wölbte sich zu einem 60—90 m hohen Dom auf, aus seinen Rissen drang zeitweilig Lava aus. 1855 brachte ein Wiederaufleben der Tätigkeit, dann im Oktober ein Zurückfließen der Lava, in dem gleichen Jahr stieß im August der Mauna Loa einen Strom von 42 km Länge aus.

1857 blieb ruhig, 1864 ein See mit zwei Inseln, Lavaniveau etwa in 1050 m. 1866 lebte die Tätigkeit wieder auf.

Das Jahr 1868 brachte einen Wendepunkt in der Geschichte des Vulkans, ein neuer Zyklus begann wie beim Mauna Loa.

Heftige Erdbebenserien leiten die neue Phase ein, Risse und Verwerfungen bildeten sich. Gleichzeitig mit dem Loaausbruch drang Lava in Kapapala, in ca. 600 m Höhe hervor, am 4. und 5. April verschwand die Lava plötzlich wieder, am 7. April erfolgte im Süden vom Mauna Loa aus 1700 m ein großer Spaltenerguß, der Kraterboden in seinen mittleren Teilen brach ein, ein Lavastrom ergoß sich in den Kilauea Iki. Alle diese Ereignisse hatten eine starke Lavaentlastung herbeigeführt. Nur langsam stieg die Lavasäule an, 1869 stand sie 30 m unter der Oberfläche etwa in 1027 m. Erst 1871 war der Lavasee wieder gefüllt und lief 1873 über. April 1879 trat eine plötzliche Entleerung ein, im Juni/Juli war der See wieder gefüllt. Juli 1880 zeigten sich vier Seen auf dem Gipfel des Halemaumaudomes. Mai 1881 brachte die Entstehung eines neuen Lavasees, 1882 und 1885 lief der Halemaumau über. 1886 hatte der Kraterboden eine Höhe von annähernd 1134 m. Nach einer Bebenserie entleerten sich die Seen, die Inseln im neuen See strandeten. Im Juli kam die Lava wieder hoch, es bildete sich der Dana Laka W vom Halemaumau. 1888 stand die Lava wieder bis zum Rand des inneren Beckens.

1891 verschwand die Lava im März, erschien aber bereits im April wieder und lief im nächsten Jahre über. 1893 brachte die Bildung eines neuen Lavasees, des Thurston Lake, der am 19. Juli überlief. Der Kraterboden hatte sich um 60 m erhöht, stand in einem Niveau von 1194 m. 7. Juli 1894 lief die Lava erneut über, am 11. bis 12. Juli sank sie stark und verschwand im Dezember ganz, erschien dann am 3. Januar 1896



und verschwand am 28. Januar nochmals; im Juli/August war wieder ein Feuersee vorhanden. Dieses Auf- und Abpulsieren der Lavasäulen dauert auch in den nächsten Jahren an. Ein Lavasee war vorhanden 1901 25. Aug. bis 12. Nov., 1902 25. Aug., 1903 23. Aug., 25. Nov. 1903 bis 10. Jan. 1904, 1904 Nov. bis 1905 Mai, 1905 2. Dez. bis 1906 April, 1907 12. Mai, Juli, 20. Nov., 1907 Dez. bis 1908 Sept., 1908 7. Sept. bis 1911 Sept., 1912, 1913 blieb ruhig, 1914 erschien wieder spärlich Lava.

Ich habe mich im wesentlichen bei der Zusammenstellung der Ausbruchsgeschichte an die vorzügliche Übersicht gehalten, die Sapper gegeben hat. Für die Jahre 1912—1916 hat Jaggarr ein genaues Diagramm über den Pegel der Lavasäule aufgenommen. Die Magmasäule schwankt zwischen 1128 und 914 m. Maxima liegen bei über 1128 m Anfang Januar 1912, bei 1067 m Juli 1912, dagegen September 945 m, Februar 1913 bei 1010 m, bei 1006 m Ende 1914, gleichzeitig mit der Tätigkeit des Mauna Loa, im September 1915 bei 1036 m, im Mai 1916 bei 1036 m, wieder gleichzeitig mit dem Mauna-Loa-Ausbruch. Die durch den Ausbruch eingetretene Lavaentlastung läßt die Magmasäule auf 914 m sinken. Im November 1916 war der Höchststand mit 1067 m wieder erreicht.

Nach Jaggarr lassen sich seit 1868 die Kilaueaeruptionen dahin charakterisieren: zwei Jahre Ansteigen, zwei Jahre Hochstand, zwei Jahre Fallen. Flankeneruptionen sind selten und aus den Jahren 1823, 1840, 1868, und wahrscheinlich 1887 bekannt. 1924 änderte sich der Eruptionstypus des Kilauea. Stearn berichtet über diesen Ausbruch folgendes: Am 21. Februar verschwand die Lava aus dem Halemaumaukrater und hinterließ ein 115 m tiefes Loch, am 30. April stand die Lava 152 m unter dem Rand, Anfang Mai sank der Boden des Halemaumau um 213 m. Vom 10. Mai setzten heftige Explosionen ein, die am 18. Mai ihren Höhepunkt erreichten. Eine Blumenkohlwolke stieg 6,4 km auf, Blöcke bis zu 10 Tonnen Gewicht wurden aus dem Halemaumauschlot herausgerissen und flogen 1 km, Asche fiel im Umkreis von 40 km.

Stearn deutet diesen Ausbruch als eine phreatische Explosion, die Lavasäule war unter den Grundwasserspiegel gesunken, das Grundwasser strömte in den Schlot nach und rief die schweren Explosionen hervor. Der Kilaueaausbruch des Jahres 1926 gehört somit der vulcanianischen Phase an. Leitet er einen neuen Zyklus ein mit veränderter Periode wie die Jahre 1789 und 1868? Das künftige Verhalten des Vulkans muß diese Frage beantworten.

Die Ausbrüche beider Vulkane sind periodisch. Es gibt Jahre, in denen ihre Maxima zusammenfallen, besonders ausgesprochen in den Jahren 1832, 1868, 1887. Andererseits fallen die Höchststände der Kilaueasäule noch häufiger in die Ruhepausen des Mauna Loa. Daraus muß man schließen, daß der Rhythmus der beiden Vulkane nicht übereinstimmt.



Mehr als einmal hat man feststellen können, daß eine starke Lavaentlastung im Mauna Loa ein plötzliches, schnell vorübergehendes Sinken der Kilaueasäule veranlaßt, es kann dieses nur dahin gedeutet werden, daß Zusammenhänge zwischen beiden Vulkanen bestehen.

Die Zusammenhänge sind jedenfalls nicht einfacher Art. Die Ausbruchintervalle beider Vulkane sind überdies nicht genau konstant, so daß noch andere Einflüsse sich überdeckend geltend machen müssen. So zeigte J a g g a r, daß die relativen Hochstände der Kilaueasäule mit den Solstitien im Juli und Dezember zusammenfallen. Noch andere Faktoren könnten dabei mitsprechen, z. B. die Gezeiten und Luftdruckverlagerungen. Das Pulsieren der Kilaueasäule macht ganz den Eindruck, als sei es durch Schwankungen im Gasdruck hervorgerufen. Auch der Mauna Loa zeigt das gleiche Bild. Der Druck der Gase ist es also, der die Magmasäule bis zu dieser Höhe emporreibt.

Ein hydrostatisches Gleichgewicht zwischen beiden Vulkanen besteht nicht. Sie leben ihr eigenes Leben, wobei es nicht ausgeschlossen ist, daß eine vorübergehende Verbindung beider Herde sich nach starken Entleerungen des Mauna Loa herstellt und die Lavaentlastung sich auch auf den Kilauea ausdehnt und so Fallen der Säule auch in diesem Schlot veranlaßt.

Die Zusammensetzung der Mauna-Loa-Lava und der des Mauna Iki von 1920 ist als gleich anzusehen (vgl. Tabelle S. 736 und 739).

Seitdem D a l y das Wärmeproblem des Kilaueafeuersees behandelte (vgl. Bd. I, S. 354—360), sind von einer Anzahl Forschern vom Vulkanobservatorium am Rande des Kilaueakraters unter der Leitung J a g g a r s neuere Untersuchungen angestellt worden, die die damaligen Ausführungen ergänzen. J a g g a r geht von D a l y s Zweiphasenkonvektionstheorie aus. Da komprimierte Gase bei Druckentlastung sich stark abkühlen, müßte eine Gasblase, die mit 1200° die Oberfläche erreicht, schon in geringer Tiefe eine sehr viel höhere Temperatur besitzen. Die Temperatur des Feuersees müßte also nach der Tiefe zu schnell steigen. Darüber haben nun die Beobachtungen der neueren Zeit Klarheit gebracht (vgl. Abb. 67). Im Januar 1917 konnte man nach dem Zurückfließen der Lava erkennen, daß der Feuersee nur sehr seicht war und etwa 13 m Tiefe besessen hat. Der Halemaumau wird von einer halbstarren Masse — J a g g a r nannte es das Ufermagma oder Benchmagma — erfüllt.

Das pulsierende dünnflüssige Magma nennt er das Seemagma. Die Schlacken an der Oberfläche und an den Rändern des Seemagmas sinken unter und vermehren das Benchmagma, das den Kraterboden allmählich erhöht. Die schwimmenden Inseln sind nur Teile des zähflüssigen Benchmagmas, sie schwimmen also gar nicht, sondern bewegen sich mit dem zähflüssigen Ufermagma. Nach dem Zurückfließen der Seelava läßt sich der



Fuß der Inseln beobachten. Die Seelava versickert durch enge Kanäle in die Tiefe, oft unter Bildung von Lavakaskaden. Bei weiterem Zurückgehen der Lavasäule folgt auch das plastische Benchmagma zur Tiefe, in Felsstürzen bricht das heiße Material zusammen. Wir haben also nach Jaggar eigentlich zwei Lavasäulen im Halemaumauschlot, die Benchlava, die den Schlot verstopft und die Seelava, die auf verschiedenen engen Kanälen auf-

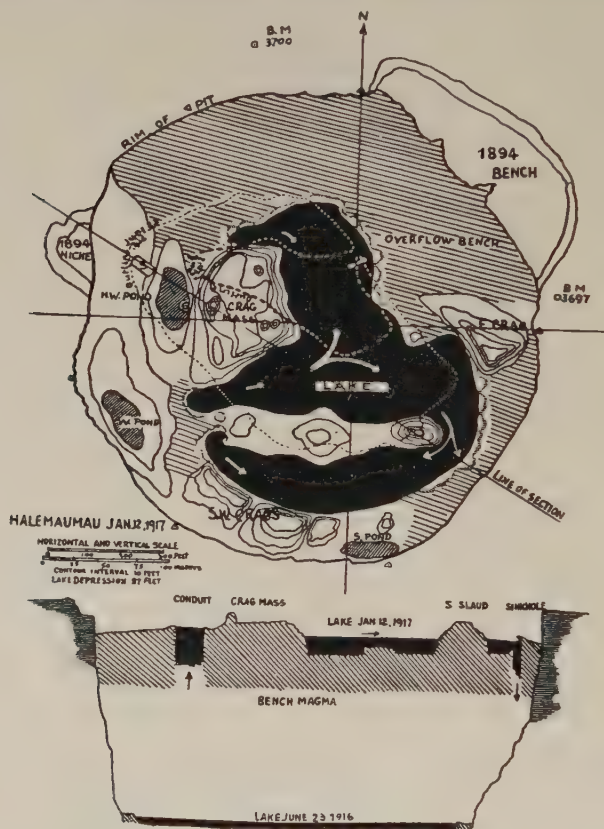


Abb. 66. Kilaueakrater mit Lavasee und Inseln nach Jaggar. Zustand im Januar 1917.

steigt. Die Abbildung 66 soll die Vorstellungen Jaggars näher veranschaulichen. Lavafontänen entstehen nach Jaggar da, wo Oberflächenströme sich begegnen und Schlacken mit Luftporen untersinken. In den sog. „sink holes“, wo die dünnflüssige Lava zur Tiefe strömt, wird besonders viel Schlackenmaterial mitgerissen und es können sich periodische Lavafontänen bilden, wie der Old Faithfull. Die Seelava nagt die Ränder an und frißt Grotten hinein, auch hier herrschen die höchsten Temperaturen. Temperaturmessungen wurden mit Segerkegeln angestellt, die in eisernen Röhren von 25 und 38 mm Lumen eingeschlossen in den Feuersee



eingeführt wurden. Sie ergaben unmittelbar unter der Oberfläche Temperaturen von  $750\text{--}850^\circ$ , in den Fontänen und Grotten  $1100\text{--}1200^\circ$ , an der Mündung der Blowcones  $1250\text{--}1350^\circ$ . Im Feuersee nimmt die Temperatur nach Messungen von Jaggard am 2. Mai 1917 von  $900^\circ$  in 4 m Tiefe allmählich zu und erreicht am Boden des Sees in 13 m Tiefe nicht ganz  $1200^\circ$ .

Eine schnelle Temperaturzunahme, wie sie die Daly'sche Hypothese fordert, ist nicht bestätigt worden.

Temperaturmessungen unternahmen ferner F. A. Perret und E. S. Shepherd, sie spannten ein Stahldrahtkabel von 400 m Spannweite über den Feuersee und ließen über dasselbe eine Laufkatze auf

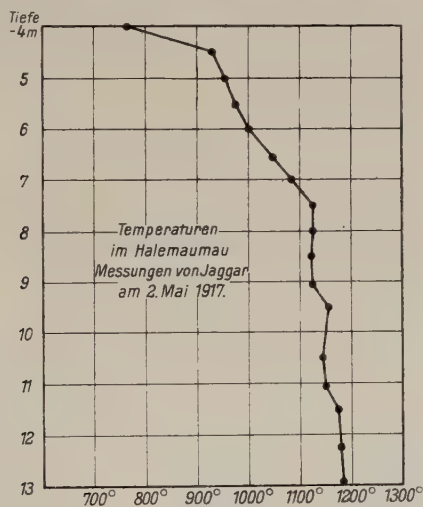


Abb. 67.

Rollen laufen mit den Meßgeräten. Ein Thermoelement aus Platin-Iridium wurde in einer schweren Eisenröhre 30—50 cm in den Feuersee getaucht und damit eine Temperatur von  $1050^\circ$  gemessen. Die Messungen konnten erst nach mehrfach mißglückten Versuchen durchgeführt werden. So riß das Kabel und schmolz weg, obschon die Schmelztemperaturen des Eisens gar nicht erreicht wurden. Die Einwirkung der Schwefelgase, die das Eisen in Schwefeleisen verwandelten, war Schuld an dem Seilbruch. Diese Erfahrung lehrt, daß eine Temperaturbestimmung durch den Schmelzpunkt von Metallen leicht zu falschen Resultaten führen kann, wenn man die chemische Einwirkung der Gase auf die Metalle außer acht läßt.

Daly und Shepherd haben dann mit einer Pumpe die aus einer Lavafontäne entweichenden Gase aufgefangen und analysiert. Im Gegensatz zu Brun fanden sie merkliche Mengen Wasserdampf, der sich nach dem Abkühlen kondensierte und einen Teil der aufgefangenen Stoffe löste.



Die nachfolgenden Analysen geben die Zusammensetzung der nicht-löslichen Gase und der von dem Kondenswasser aufgenommenen Stoffe.

### Gase aus der Lavafontäne des Kilauea.

#### Analysen von Day und Shepherd.

|                           | 1      | 2    | 3    | 4     | 5    | 6    |                      |
|---------------------------|--------|------|------|-------|------|------|----------------------|
| CO <sub>2</sub> . . . . . | = 23,8 | 58,0 | 62,3 | 59,2  | 73,9 | 39,8 | } Volum-<br>procente |
| CO . . . . .              | = 5,6  | 3,9  | 3,5  | 4,6   | 4,0  | 5,5  |                      |
| H <sub>2</sub> . . . . .  | = 7,2  | 6,7  | 7,5  | 7,0   | 10,2 |      |                      |
| N <sub>2</sub> . . . . .  | = 63,3 | 29,8 | 13,8 | 29,2  | 11,8 |      |                      |
| SO <sub>2</sub> . . . . . | = 0,0  | 1,5  | 12,8 | 0,0   | 0,0  | 51,6 |                      |
| Seltene Gase . . .        | = —    | —    | —    | —     | —    |      |                      |
| Kohlenwasserstoff         | = —    | —    | —    | —     | —    |      |                      |
| Summa :                   | 99,9   | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 99,9 | 96,9 |                      |

### Kondenswasser von 1 und 2.

50 ccm Wasser.

|                                  | 1          | 2       |
|----------------------------------|------------|---------|
| Na <sub>2</sub> O                | = 0,0214 g | 0,031   |
| K <sub>2</sub> O                 | = 0,0102 g | 0,011   |
| CaO                              | = 0,0120 g | 0,140   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } | = 0,0080 g | } 0,010 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } |            |         |
| Cl                               | = 0,0220 g | 0,206   |
| F                                | = 0,0565 g | 0,492   |
| NH <sub>3</sub>                  | = 0,0018 g | —       |
| TiO <sub>2</sub>                 | = 0,0005 g | —       |
| S als SO <sub>3</sub>            | = 0,0480 g | 0,508   |
| Summa :                          | 0,1804 g   | 1,398   |

Nach diesen Untersuchungen bestehen die vulkanischen Gase des Kilauea im wesentlichen aus: SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Wasserdampf, etwa 4% des Volumens brennbare Gase: in der Hauptsache Schwefel, H<sub>2</sub>, CO zu 7% und F, Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> nur 0,1%.

Das Magma ist demnach nicht, wie Brun glaubte, wasserfrei. Die Rolle des Wasserdampfes ist freilich in früherer Zeit wesentlich überschätzt worden.

Das Nebeneinandervorkommen von Gasen in wechselnden Mengen wie H<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> oder H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> bei Temperaturen über 100° beweist, daß die Gase nicht im chemischen Gleichgewicht sich befinden. Das Fehlen des Argons, das ein konstanter Bestandteil der atmosphärischen Luft ist, zeigt weiter, daß das Auffangen der Gase glückte, bevor eine Vermischung mit Luft eingetreten war, somit muß das Wasser auch aus dem Magma selbst herkommen und



kann nicht von außen hinzugekommen sein. Der Nachweis größerer Mengen freien Chlors, den Brun erbracht haben wollte, ist durch diese Analysen nicht bestätigt worden. Die Brunschen Feststellungen an vulkanischen Wolken (vgl. Bd. I, S. 86—91) erklären die Forscher im wesentlichen durch feine Suspensionen von Schwefel.

Der Gehalt an brennbaren Gasen, wie  $H_2$  und  $CO$ , beeinflußt den Wärmeausgleich des Feuersees. Die hohen Verbrennungswärmen wirken der Abkühlung durch Ausstrahlung und durch Expansion der Gase entgegen. Man erkennt deutlich, daß die Temperaturen da am höchsten sind, wo die Luft Zutritt hat und die Verbrennung vor sich gehen kann, so in den Lavakaskaden, in den Grotten, ferner in den Flammenkuppen und Stichflammen. Ja, die extrem hohen Temperaturen des als „Hawaiianische Phase“ bezeichneten Ausbruchstypus hängen mit der Verbrennung zusammen. Nach Jaggard besitzen die Schwefelflammen eine blaue und grünlich blaue Färbung, die viel seltener beobachteten gelben Flammen führt er auf die Verbrennung von Kohlenwasserstoffen zurück.

Die Laven des Kilauea sind überwiegend Pahoeholaven, während am Mauna Loa Aalaven vorherrschen. Der Unterschied ist Bd. I, S. 355 beschrieben worden. Washington erklärt ihre Unterschiede durch den verschiedenen Verlauf der Abkühlungskurve. Ihre chemische Zusammensetzung ist gleich. Kleine Unterschiede im Eisenoxydul und Eisenoxyd-gehalt hängen damit zusammen, daß ganz allgemein der Eisenoxydul-gehalt glasiger Varietäten größer zu sein pflegt, als der der kristallinen (vgl. Analysen der Mauna-Iki-Laven S. 786, Nr. 11, 12).

Die Pahoehoe- oder Fladenlaven treten durch Gasreaktionen überhitzt mit hoher Temperatur an die Oberfläche und haben ihre Gase in der Hauptmenge abgegeben, sie besitzen von vorneherein eine große Zähflüssigkeit, die die Kristallisation frühzeitig zum Stillstand kommen läßt. Die aus dem Halemaumau geschöpfte Lava enthielt nur 5% Kristalle, und zwar Labrador und nur wenig Olivin. Dementsprechend ist die Dichte niedriger, nur 2,859. Diese zähflüssige Masse ist nur einer sehr langsamen Bewegung fähig. Die Verfestigungskurve fällt steil bis zum Kristallisationsendpunkt und ganz allmählich hört die Beweglichkeit auf.

Die Aa- oder Blocklava dagegen besitzt beim Austritt bereits eine tiefere Temperatur und ist mit Gasen gesättigt. Sie ist dünnflüssig, die Kristallisation kann daher bei der inneren Beweglichkeit unbehindert vor sich gehen. Zuerst kristallisiert der Labrador, dann Augit und Magnetit. Die bei der Kristallisation freiwerdende Wärme hält die Abkühlung auf, die Dichte ist größer (= 2,956). Mit fortschreitender Kristallisation wächst die Gaskonzentration und damit der Gasdruck, die Kristalle dienen als Ansatzpunkte für die Gasblasen. Die Entgasung geht gegen das Ende der



Entwicklung plötzlich vor sich, so kommt die rauhe Kruste der Aa-Ströme zustande. Die Verfestigungskurve fällt also erst sehr allmählich, dann aber steil ab, kurz bevor die Lava ganz fest geworden ist.

Wo beide Laventypen an ein und demselben Strom beobachtet wurden, ist die zuletzt ausgequollene, obere Partie des Stroms Pahoeholava, die untere Aa-Lava.

Die Fladenlava neigt besonders zur Bildung von Grotten und Lavahöhlen. Die Lava erstarrt an der Oberfläche und bildet eine feste Wölbung über einem tunnelförmigen Kanal, in den die dünnflüssige Lava abfließt, die dann den Hohlraum zurückläßt. Oft finden sich mehrere solcher Kanäle übereinander. Nicht selten sind sie mit Lavastalaktiten und Stalagmiten ausgekleidet. Friedländer hat diese Kleinformen des Vulkanismus auch von den Hawai-Inseln trefflich beschrieben. Die Tunnel haben für die unterirdische Wasserbewegung in diesen vulkanischen Gegenden eine große Bedeutung. Bei der Überflutung von Wäldern durch dünnflüssige Ströme stellen sich noch andere Kleinformen ein. Ein Baumstamm wird durch den Luftabschluß vor der Verbrennung geschützt und verkohlt, er hinterläßt auf der erkalteten Lava brunnenförmige Schächte mit Holzkohle erfüllt, oder die Lava überkrustet die Stämme und zeigt im Inneren des Hohlraums den genauen Abdruck der Holzstruktur.

Eine besondere Art von Auswürflingen, die nur bei extrem dünnflüssigen Magmen vorkommen und die besonders typisch am Kilauea zur Beobachtung gelangt, ist das Peles Haar, eine Art Glaswolle und feine Glaströpfchen. Die Gase aus dem Lavasee reißen Tropfen der sirupartig viskosen Lavamasse mit, spinnen sie zu dünnen Glasfäden, die schnell erstarren und vom Winde fortgeführt werden. Gesponnene Glasfäden und Quarzfäden werden in der Technik in ähnlicher Weise gewonnen (Reck).

Friedländer weist darauf hin, daß die Entfernung der vulkanischen Zentren in der Hawaigruppe ziemlich konstant 35—40 km beträgt. Dieselbe Abstandsgröße scheint auch für andere vulkanische Zentren des pazifischen Gebietes zu gelten. Weiter vermutet er mit Green eine Beziehung zwischen den Abständen und der Krustendicke bis zur Magmaschale. Der Verlauf der Erdbebenwellen hat aber eine allgemein verbreitete flüssige Magmaschale nicht erwiesen. Überhaupt sind die sog. geographischen Homologien nur mit der größten Vorsicht zu Rückschlüssen verwertbar.

Von den 16 großen hawaianischen Zentren sind nur 4 tätig, also 75% erloschen und 25% effusiv tätig. Sapper errechnete die Reihungsdichte in der Hauptreihe 1:120, Häufigkeitsziffer der Ausbrüche seit 1823 93, Lavaförderung mehrere Kubikkilometer, und nur wenig Lockermassen.



#### 4. Die Samoainseln.

Die Samoa- oder Schifferinseln weisen in vielen Beziehungen große Ähnlichkeit mit den Hawaii-Inseln auf. Die Inselgruppe bestehend aus neun Inseln liegt zwischen  $13^{\circ} 30'$  und  $14^{\circ}$  S. Br. und  $168$ — $173^{\circ}$  W. L.

Die Streichrichtung ist NW—SO, die tektonische Linie Neuseeland—Kermadec—Tonga stößt im spitzen Winkel auf die Samoalinie.

Als wichtigste Quellen kommen für diese Gruppe die Arbeiten von Friedländer, für Tutuila auch noch die neueren Untersuchungen von Daly in Frage.

Die 520 km lange Inselreihe ist das Spiegelbild der Hawaizone. Während diese mit der größten und aktivsten Insel Hawaii aufhört, beginnt die Samoareihe mit der größten und vulkanisch regsamsten Insel Sawaii. Es folgen gegen SO Apolima, Manono, Upolo, Tutuila, die Manuagruppe Ofu, Olosega, Tau und das nur aus Korallenkalken bestehende Rose Island. Sawaii und Tau sind die jüngsten Inseln, während Ost-Tutuila offenbar das älteste Stück des Bogens erkennen läßt.

##### S a w a i i.

Die Insel besteht fast ganz aus basaltischen Gesteinen, die vom Meeresboden gerechnet eine Mächtigkeit von 6000—10 000 m erreichen mögen. Leider fehlt ausreichendes Analysenmaterial für den Gesteinsvergleich. Die Insel besitzt keinen Zentralvulkan, sondern einen zentralen Rücken, den Toasivi, er beginnt im Westen bei Falealupo und steigt allmählich an, Maugaafi (Mauga Mua) = Feuerberg, 1597 m, Mauga Hertha, 1858 m (Friedländer), Mauga Pule, 1225 m, Toiavea, 1065 m, sind seine Gipfel; hier gabelt er sich, der eine Ast verläuft über Matofa, 750 m, Olomanu, 600 m, nach Osten und erreicht die Küste südlich von Faga, der andere schwenkt über Mataulanu, 895 m, Mafana, 971 m, Omao, die Aschenkegel von Tafua in die Upolu-Längsachse ein. Der ganze vulkanische Bau ist durch Lineareruptionen geschaffen. Aschenkegel, Schlackenkegel und Krater zeichnen den Verlauf der Spalten. Eine Querspalte hebt sich heraus und führt vom Kap Taga beginnend gegen Maugaloa, 1707 m (Anderson) zum Matavanukrater, dem Schauplatz der jüngsten vulkanischen Ereignisse. Diese beiden Spalten bilden die Diagonalen der Insel, die die Umrisse eines Rhombus besitzt.

Große Höhen, die fehlenden oder schmalen Saumriffe sind Merkmale jugendlichen Alters. Die geschichtliche Überlieferung reicht nicht weit zurück. Eine Anzahl frischer Lavafelder zeugt von größeren Lavaüberflutungen in nicht weit zurückliegender Zeit. Am ältesten scheint das Lealatele Lava-



feld im Nordosten der Insel zu sein. Es besteht bei den Samoanern jedenfalls kein Erinnern an seine Ausbruchszeit.

Man könnte bei Betrachtung der Karte versucht sein, den Lealatele-Strom als Flankenausbruch des *Toiavea*, 1065 m, aufzufassen. Dieser Berg ist eine weithin sichtbare Landmarke und bildet einen 40° steilen Kegel aus Schlacken und Laven, dessen Kraterrand teilweise eingestürzt ist, so daß der Kegel zweigipflig erscheint. Der benachbarte Kratersee *Mataulanu*, 859 m, ist nach dem ganzen Zustand der Verwitterung zu urteilen ein älteres Gebilde.

Das zweite Lavafeld liegt bei *Tafua* im Südosten. Aus dieser Gegend beschreibt *Weber* hellbraune Palagonittuffe und einen olivführenden Feldspatbasalt. Die Halbinsel *Tafua* trägt eine kleine Vulkangruppe von etwa 200 m Höhe; nach *Friedländer* sind jedoch die Krater mit einer einzigen Ausnahme schlecht erhalten. Die Außenhänge des *Tafua* vulkans, 188 m, setzt der anscheinend submarin abgesetzte Palagonittuff zusammen. Der Krater selber zeigt 40 m hohe, fast senkrechte Wände aus dünnen Lavaströmen von wenigen Zentimeter Mächtigkeit, es folgt dann eine Schutt- und Geröllhalde von 30° Böschung, im Boden steht schließlich wieder Lava an, hier öffnet sich nur wenige Meter über dem Meeresniveau ein Lavatunnel. Lavatunnel sind auf der Insel recht häufig; am bekanntesten sind die Lavahöhlen von *Tapueleele*. Sind die Tuffe submariner Entstehung, so müssen in sehr jugendlicher Zeit Hebungen stattgefunden haben. Die *Tafualava* ist nach Nordosten geflossen, sie ist bewaldet, aber noch nicht kulturfähig. Ein Teil des Lavafeldes mag übrigens auch vom *Omoa* herrühren. Weiter landeinwärts, halbwegs zwischen *Pakauli* und dem *Mataulanusee*, liegt der Vulkan *Mafana*, 971 m, mit einem 350 m großen und 80—90 m tiefen Krater. Der Vulkan und das gegen NO sich anschließende Blocklavafeld ist dicht bewaldet und daher älter.

Das ist der Südostast der Hauptspalte, welche gegen *Upolu* ausstreicht. Unter dem Südabhang des *Toasivirücken* scheint der ältere Untergrund zum Vorschein zu kommen. Es ist jedenfalls sehr interessant, daß *Weber* aus der Gegend von *Sili* Phonolithe und Nephelinbasanite beschreibt.

Sehr frisch dagegen sind die Lavafelder von *Tufu* und *Taga* im Süden. Die sagenhafte Erinnerung an ihren Ausbruch wird in samoanischen Gesängen wach erhalten. Diese Ströme gehören dem Südende der Querspalte an.

Es sei nunmehr die Hauptspalte mit den großen nach Norden abfließenden Lavafeldern betrachtet.

Der *Maugaafi*, 1597 m, ist ein regelmäßiger steiler Aschenkegel von 100 m Höhe. Der Gipfelkrater ist elliptisch mit der langen Achse







O—W orientiert und fällt unter einem Winkel von  $60^{\circ}$  70 m tief ab. Im Westen ist der Kraterrand eingestürzt. Hier entspringt am Fuß des Kegels das größte Lavafeld der Insel „O le Mu“. Die Lava floß erst ein kleines Stück gegen Westen, bog dann nach Norden, in zwei gewaltigen Strömen umfaßte sie die Siedelung Aopo, 216 m; dann unterhalb vereinigten sich die Ströme, Aopo als Insel im Feuermeer zurücklassend, und flossen ins Meer. Der Ausbruch dürfte nach Überlieferung der Eingeborenen auf der Wende des 17. Jahrhunderts erfolgt sein. (1690?)

Den Toasivirücken nach Osten verfolgend, gelangt man zu der Ausbruchsstelle des Jahres 1902. Der Wald ist hier im Umkreis von 1—2 km durch vulkanische Gase vernichtet, schwarze Basaltasche deckt den Boden, der größere Hügel, 1664 m, ist von W—O gestreckt und entsendet nach Norden einen Strom in zwei Zungen. Eine etwa O—W verlaufende Spalte, von einer Anzahl Querspalten gekreuzt, führt von ihm zu einem Einsturzkrater, von dessen Nordfuß von zwei kleineren Kegeln in 169 m Höhe zwei weitere Lavaströme ihren Ausgang genommen haben. Ein zweiter Einsturzkrater liegt südlich in der Verlängerung der Querspalten.

Der erste Einsturzkrater ist 300 m im Durchmesser und etwa 150 m tief, seine Wände sind aus geschichteten Laven aufgebaut. Das merkwürdige ist hierbei, daß die Lava von 1902 in einem höheren Niveau hervorbricht, als das, in dem der Boden des Einsturzkraters liegt. Ähnliche Beobachtungen sind auch auf Hawai gemacht worden.

Auf der kurzen Diagonalspalte der Insel südlich von Olomono liegt der Matavanukrater, 708 m, der Schauplatz des großen Ausbruchs 1905—1911. Friedländer beschreibt ihn folgendermaßen:

Seine Ränder sind durch Aschen, Schlacken und Laven etwa 100 m erhöht. Der Kegel ragt im S etwa 40 m, im N etwa 80 m über seine Umgebung. Im Westen erkennt man die Reste eines älteren Kraterrandes. Der Krater besitzt die Durchmesser 300 und 250 m und fällt mit 50 bis  $60^{\circ}$  ab. Am Südrande in 35—40 m Tiefe fand sich 1907 ein Feuersee mit Lavafontänen und rotglühenden zähflüssigen Schollen. Wie am Kilauea lieferte er Auswürflinge von Peles Haar. Friedländer schätzt die Temperatur des dünnflüssigen Seemagmas auf  $1700\text{—}1800^{\circ}$ . Nach den Temperaturmessungen am Kilauea sind diese Temperaturen sicher zu hoch geschätzt und werden auch nicht viel höher wie dort, also nicht über  $1300^{\circ}$  liegen. Die Lava floß aus dem See in zwei Richtungen durch Lavatunnel am Rande des Walls ab. Ein gewaltiger Strom ergoß sich in nordöstlicher Richtung und bildete das Saleaulalavafeld. Die Lava überwältigte das vorgelagerte Saumriff und ergoß sich dann in das tiefe Meer, eine neue Steilküste von 5 m Höhe auf 10 km bildend. Bis zum Jahre 1911 blieb die Lava im Fluß, die abfließende Lava benutzte die Lava-



tunnels und floß 10—15 m in der Sekunde. Die Lava war zuerst Blocklava, dann wechselten Block- und Fladenlavaströme, zuletzt überwog die Fladenlava. Die Einmündungsstellen in das Meer wurden von Zeit zu Zeit verlegt. Die Lava rieselte aus der Steilwand hervor und stürzte ins Meer, Dampfexplosionen warfen hierbei Wasser und Schlacken 10—150 m hoch, ein hufeisenförmiger Aschenkrater wurde am Rand der Lava aufgeschüttet. Dampf Wolken von der bekannten Blumenkohlgestalt kennzeichnen weit den Weg der Lava, das Meereswasser wurde in der Umgegend bis zum Sieden erwärmt, lokale Flutwellen rührten von den Dampfexplosionen her. Die Laven von 1905 sind nach Weber und Jensen Olivinbasalte, nach Klautzsch Nephelinbasalte.

Die Analysen geben folgende Zusammensetzung an (vgl. S. 798; 12, 13):

|    | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |
|----|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|
| 1. | 45,84 | 70,08 | —15,92 | 4,28 | 2,90 | 1,26             | 20,42 | 7,94 | 4,92 | 3,52 |
| 2. | 42,12 | 62,24 | — 4,36 | 3,74 | 3,05 | 1,27             | 17,18 | 8,24 | 3,35 | 4,70 |

1. ist die von Klautzsch mitgeteilte Analyse vom Material des Stroms 1905/1906. Sie entspricht dem Limburgit des Haleakala vom Jahre 1750, ist jedoch ein wenig alkalireicher und anorthitärmer. Nr. 2 ist die Analyse von Jensen von einem Olivinbasalt von Malaiola, wohl einem Tal vom Rande des Stromes. Die Ähnlichkeit mit den rezenten Kilauealaven ist eine auffällige.

Am 4. August 1905, 21<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr, begann nach einleitendem Beben der Ausbruch mit Explosionen, dann brachen die Lavafluten hervor, im Dezember erreichten sie das Meer. Sapper veranschlagt das Volumen auf 1 cbkm.

Zusammenfassend kann der Ausbruchsscharakter der Insel dahin gekennzeichnet werden, daß Lineareruptionen mit einer Tendenz zur Verlegung der Durchbruchstellen den Typus bedingen.

#### Apolima.

Apolima, 146 m, besteht aus einem nach Norden offenen Kraterwall, die Innenhänge besitzen Neigungen von 30—40°, die Außenhänge 60°. Derselbe submarine braune Palagonittuff, wie beim Tafnavulkan, baut sie auf; schmale Riffe umgeben die Insel. Weber gibt von der Insel Nephelinbasalt an.

#### Manono.

Manono, 71 m, ist von einem breiten Saumriff umgeben. Die Insel ist älter, sie besteht nur aus Lava und ist ein flacher Basaltdom ohne Krater.



## Upolo.

Die langgestreckte Insel besteht aus einem zentralen Rücken, ähnlich dem Toasivi. Die Höhen übersteigen nicht 1000 m; das wohl entwickelte Saumriff, der größere Wasserreichtum und die tiefe Erosion liefern Merkmale eines höheren Alters. Der westliche Teil ist jünger und zeigt noch besser erhaltene Eruptionskegel.

Weber bestimmte Feldspatbasalte, Trachydolerite, Nephelinbasanite, Möhle hatte unter seinen Proben nur Limburgite und Feldspatbasalte. Eine Analyse aus dem Valsiganotal am Tempel Fale o le Fee ergab folgenden Wert:

| S. 798     | L     | M     | Q    | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO  | Mt   |
|------------|-------|-------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| Basalt . . | 62,92 | 34,24 | 2,84 | 2,91 | 9,91 | 1,11             | 8,45 | 3,26 | 1,81 | 7,20 |

Dieser Basalt fällt durch seinen hohen Anorthitgehalt auf und läßt den Verdacht aufkommen, daß die Tonerde zu hoch bestimmt ist.

## Tutuila.

Tutuila, 14° 20' N.Br., 170° 30' bis 170° 50' W.L., ist eine langgestreckte Insel, nicht über 640 m hoch, die eigentlich aus zwei verschiedenen Hälften besteht. Tief schneidet die Pagopabucht ein und läßt gegen die Fagasabucht nur eine schmale Landbrücke stehen. Osttutuila besitzt eine reich gegliederte Küste mit tief eingreifenden Buchten. Täler schneiden ein und die Erosion ist weiter vorgerückt. Die Insel ist offenbar älter, die Osthälfte noch älter als die Westhälfte. Die Rücken beider Hälften sind gestaffelt.

Daly stellte zwei Abrasionsterrassen fest. Die untere liegt 60 m unter dem Meeresspiegel, die obere endet in eine Strandkehle 6 m über dem Meere. Diese Strandterrasse ist frei von Korallen. Sie sollte also im

| Nr. | S. 798                    | Insel Tutuila, Samoa        | L     | M     |
|-----|---------------------------|-----------------------------|-------|-------|
| 1   | Limburgit (Leonelava)     | Strom 1,5 km NW Tafuna      | 43,68 | 69,34 |
| 3   | Pikritbasalt              | Strom, Fagasa Bay           | 34,72 | 67,30 |
| 2   | Melanokrater Olivingabbro | Neck, O Fagasa Bay          | 37,16 | 71,94 |
| 5   | Olivinarmer Basalt        | Strom bei Aolau             | 51,88 | 49,66 |
| 4   | Olivinarmer Basalt        | Strom bei Afono             | 69,88 | 41,04 |
| 6   | Trachydolerit             | Strom 1,5 km O Pyramid Rock | 70,48 | 26,70 |
| 7   | Trachyandesit             | Gang 350 m SSO Aua          | 76,92 | 22,08 |
| 10  | Quarztrachyt              | Kraterausfüllung Pioa       | 66,72 | 12,00 |
| 8   | Trachyt                   | Vatia                       | 78,68 | 5,00  |
| 9   | Trachyt, verwittert       | Vatia                       | 82,14 | 2,28  |



Pleistozän angelegt sein, eine postglaziale Hebung in das heutige Niveau wäre die Folge. Bei Tula und Alao hat Friedländer auch gehobene Korallenkalke beobachtet. Ist diese Deutung richtig, so wäre die untere Strandterrasse präglazial, und die Gesteine, in die die obere Hohlkehle eingeschnitten ist, müßten dann auch präglazial sein. Wir hätten auf der Insel offenbar pliozäne Sockelgesteine vor uns und die Intrusiva könnten ein pleistozänes Alter besitzen. Dann wären aber die Tuffe der Gegend von Utumea im Osten submariner Entstehung und etwa pliozänen Alters, ebenso der Krater der vorgelagerten Insel Annua.

Die folgende Übersicht stellt die Zusammensetzung der Eruptivgesteine zusammen, die Analysen von Hobein bei Weber habe ich nicht



Abb. 69. Karte von Tutuila nach Friedländer.

mit aufgenommen, da das Eisen nicht in die Oxydstufen getrennt ist und die Analysen durch bessere ersetzt sind.

| Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolgen                       |
|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|---------------------------------------|
| —13,02 | 3,66  | 3,60  | 1,07             | 17,05 | 9,22  | 7,41 | 1,38 | vgl. Matavanusstrom 1905              |
| — 2,02 | 3,00  | 2,68  | 0,83             | 18,84 | 8,62  | 3,64 | 5,10 |                                       |
| — 9,10 | 2,91  | 3,47  | 0,62             | 20,00 | 6,07  | 9,03 | 1,74 |                                       |
| — 1,54 | 5,15  | 2,67  | 1,24             | 12,31 | 5,15  | 5,61 | 3,52 |                                       |
| —10,92 | 6,30  | 4,87  | 1,02             | 7,79  | 3,86  | 7,04 | 3,66 | Frühpleistozän, wenn<br>nicht pliozän |
| 2,82   | 6,40  | 4,82  | 1,72             | 5,78  | 2,06  | 4,27 | 2,48 |                                       |
| 1,00   | 8,27  | 2,69  | 1,48             | 3,97  | 2,62  | 3,11 | 2,68 |                                       |
| 21,28  | 10,01 | —1,67 | 3,74             | 0,06  | 0,60  | 0,33 | —    |                                       |
| 16,32  | 8,90  | 1,75  | 3,17             | 0,81  | —0,48 | 0,54 | 2,30 |                                       |
| 15,58  | 9,18  | 2,16  | 3,24             | 0,20  | —0,06 | 0,33 | 1,22 |                                       |



Nach den Sockelgesteinen sind die ältesten Gesteine saure Alkaligesteine, Quarztrachyte, nach der Analyse könnte man sie als Comendittrachyte ansprechen, und Trachyte, wie sie die Pioa zusammensetzen oder in der Gegend von Vatia anstehen. Es sind Dome oder Kraterausfüllungen. Mit ihnen erscheinen gang- oder stromförmig trachydoleritische Laven, gekennzeichnet durch hohe A- und nicht allzu kleine C-Werte. Das ist aber dieselbe Gesteinsvergesellschaftung, wie sie am Kohala auf Hawaii angetroffen wird, für die ein pliozänes oder altquartäres Alter wahrscheinlich gemacht wurde. Auch die olivinreichen Laven von Westtutuila entsprechen den olivinreichen Postpahalalaven Hawaiis, so daß die Analogie eine vollständige wird.

Die jugendlichste Lava ist die Leonelava (Nr. 1), ein Limburgit, das Ergebnis einer Lineareruption, der in seiner Zusammensetzung der Matavanulava gleicht.

Die Tuffkegel von Steps Point und der Aunuukrater, auf der im Osten vorgelagerten Insel, sind jüngeren Datums, ihre Schlote durchschlagen den älteren Riffkalk. Weber stellte außer Basalten und Trachyten noch Nephelinbasanite und Nephelinite fest.

#### Manua-Gruppe.

Ofu, 490 m, 14° 18' S. Br., 169° 40' W. L. und Olosega, 604 m, sind nach Friedländer die Reste eines Rückens oder die Reste von Kraterändern eines zum größten Teil zerstörten Einsturzkraters. Weber fand auf ihnen Feldspatbasalte mit Titanaugiten. SO von der letzteren Insel, etwa in einem Drittel des Abstands von Tau liegt die Stelle eines submarinen Ausbruchs vom 12. September 1866 (Sapper).

Jünger wiederum ist die Insel Tau, 879 m, in 14° 15' S. Br. und 169° 30' W. L., ein flacher Kegel, dessen Profilkurve im ersten Drittel sanft ansteigt, dann in dem mittleren Abschnitt etwas steiler und zuletzt in ein Gipfelplateau mit aufgesetzten Kegelchen ausläuft. Zwei steile Abbrüche im Norden und Osten sind nach Friedländer als Wände von Einsturzkratern zu deuten. Die Gesteine sind Feldspatbasalte.

### 5. Die Gesellschaftsinseln.

Die Gesellschaftsinseln, unter ihnen die größte Insel Tahiti, französischer Kolonialbesitz, 17° S. Br., 150° W. L., ist ein bis tief in das Herz erodierter Schildvulkan, der deshalb unter den vielen vulkanischen Inseln eine besondere Behandlung verdient. Tiefe Täler, wie das Papenootal, gewähren einen klaren Einblick in das Innere dieses zentralen Vulkanschlotes, der im Orohena mit 2232 m und im Aorai mit 2069 m kulminiert. Die trefflichen Untersuchungen von Lacroix, Iddings und Marshall haben eine Fülle der interessantesten Alkaligesteine zur



Kenntnis gebracht, deren verwandtschaftliche Beziehungen nach Madagaskar weisen. 58 Analysen der verschiedensten Gesteinstypen liegen vor. Aus der Fülle des Materials ist hier eine Auswahl der wichtigsten Gesteinstypen getroffen worden.

Der zentrale Vulkanschlot besteht aus körnigen Tiefengesteinen, die die ganze Reihe vom leukokraten bis melanokraten Pol erkennen lassen, wie Nephelinsyenite, Nephelinmonzonite, Essexite, Luscladite (augitfreie Nephelin-, Biotit-, Olivinegesteine), ferner Hornblendegesteine, wie die Mafraite und Berondrite, Mikrogabbro und Wehrlite (Olivin, Pyroxen, Biotit).

Ihnen folgen leukokrate und melanokrate Ganggesteine, wie Tinguaitite und Monchiquite, Camptonite.

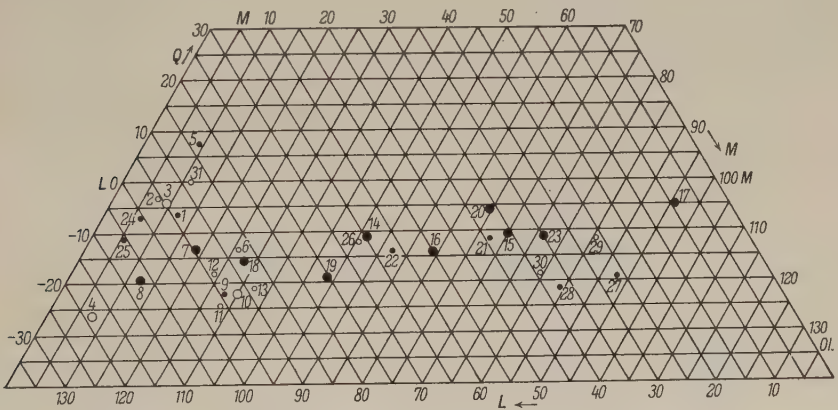


Abb. 70. Die Gesteine der Tahitiprovinz.

Unter den Mantellaven des Vulkans herrschen basaltische Gesteine vor. Daneben beobachtet man auch leukokrate Laven, wie phonolithische Trachyte, Phonolithe und außerordentlich interessante Hauyngesteine, der Trachydoleritfamilie, L a c r o i x nennt sie Tahitite (Hauyn, Ägirinaugit, Titanit, Magnetit).

Unter den Basalten finden sich wiederum Nephelinbasalte, die Ergußfazies der Luscladite; besonders olivinreiche Pikritbasalte nennt L a c r o i x Ozeanite, sie sind die Ergußformen der Wehrlite.

Die Übersicht S. 770 gibt die Zusammensetzung und die Parameter einer Auswahl von Gesteinen der Tahitiprovinz.

Im Anschluß an Tahiti mögen noch andere Inseln der gleichen magmatischen Provinz in kurzer Übersicht verglichen werden.

In der Verlängerung der Samoastaffel liegen die Cook-Inseln, Raratonga mit Basalten, Nepheliniten und Phonolithen, Aitutaki mit Nephelinbasalt.



| N  | S. 800—803           | Gesellschafts-<br>inseln | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |  |
|----|----------------------|--------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|--|
| 29 | Ankaramit-Oceanit    | West Point, Tapahi       | 25,76  | 85,70 | -11,46 | 1,32  | 3,80  | 0,36             | 28,15 | 7,41  | 5,72 | 3,14 | Ergußformen der<br>Essixitgabbro.<br>Vgl. 23                             |
| 27 | Oceanit              | Papenoo-Tal, Tahiti      | 26,64  | 92,94 | -19,58 | 1,55  | 3,56  | 0,34             | 33,31 | 4,54  | 8,62 | —    |  |
| 28 | Ankaratrit           | Fautana-Tal, Tahiti      | 37,04  | 84,68 | -21,72 | 3,68  | 1,90  | 0,80             | 18,93 | 13,79 | 8,82 | 1,60 |  |
| 30 | Limburgit-Ankaratrit | "                        | 39,08  | 79,80 | -18,88 | 4,13  | 1,51  | 0,50             | 20,86 | 9,83  | 8,46 | 1,50 | Ergußformen der<br>Luscladite. Vgl. 14                                   |
| 21 | Olivinbasalt         | Papenoo-Tal, Tahiti      | 44,24  | 67,58 | -11,82 | 2,89  | 5,28  | 0,88             | 17,02 | 7,60  | 8,67 | 1,00 |  |
| 22 | Basalt               | "                        | 61,44  | 52,72 | -14,16 | 4,81  | 5,74  | 1,38             | 10,74 | 6,19  | 8,84 | 1,18 |  |
| 26 | Nephelinbasalt       | Tapahi, Tahiti           | 66,76  | 45,40 | -12,16 | 5,51  | 5,47  | 0,81             | 8,04  | 6,42  | 6,69 | 3,10 | Ergußformen des<br>Camptonit (vgl. 10)<br>und Nephelin-<br>monzonit (18) |
| 13 | Haunophyr (Tahitiit) | Arue, Tahiti             | 88,28  | 32,96 | -21,24 | 10,37 | 1,33  | 2,24             | 4,56  | 5,96  | 4,49 | 2,94 |  |
| 11 | "                    | Vairao, Tahiti           | 98,24  | 27,24 | -22,48 | 11,44 | 1,68  | 2,60             | 2,74  | 6,18  | 3,65 | 2,10 |  |
| 9  | "                    | Papenoo-Tal, Tahiti      | 94,60  | 28,34 | -22,94 | 10,70 | 2,25  | 2,80             | 3,62  | 5,65  | 4,01 | 1,78 | Vgl. 3<br>Vgl. 3   |
| 6  | "Phonolith"          | Pahiraia, Huahine        | 86,88  | 26,64 | -13,52 | 15,57 | -4,71 | 4,78             | 0,41  | 2,32  | —    | —    |  |
| 12 | Haunophyr (Tahitiit) | Vairao, Tahiti           | 93,32  | 25,06 | -18,38 | 9,85  | 3,63  | 2,75             | 3,99  | 4,92  | 1,52 | 4,20 |  |
| 5  | Lait                 | Ost Papetoai, Moorea     | 83,70  | 9,14  | 7,16   | 8,65  | 3,43  | 3,65             | 1,86  | -0,78 | 0,07 | 5,28 | Vgl. 3<br>Vgl. 3   |
| 31 | Mugearit             | Mt. Tapioi, Raiatea      | 88,20  | 11,83 | -0,03  | 9,24  | 3,57  | 2,87             | 3,43  | 0,91  | —    | 3,15 |  |
| 1  | Phonolith            | West Mt. Tapio, Raiatea  | 94,00  | 12,54 | -6,54  | 11,44 | 0,62  | 4,34             | 0,55  | 3,79  | 1,45 | 0,96 |  |
| 2  | Trachyt              | Tairapu, Tahiti          | 94,68  | 8,52  | -3,20  | 11,70 | 0,27  | 4,13             | 1,51  | 1,31  | 0,48 | 1,92 | Ganggesteine   |
| 24 | Nephelintrachyt      | Mauratape, Huahine       | 99,68  | 6,80  | -6,48  | 12,81 | -0,35 | 3,95             | 0,76  | 0,69  | 0,21 | 1,38 |  |
| 25 | Phonolith            | Vaitia, Tairapu Tahiti   | 105,84 | 5,82  | -11,66 | 12,64 | 1,18  | 4,24             | 1,04  | 0,90  | —    | 1,94 |  |
| 10 | Camptonit            | Papenoo-Tal, Tahiti      | 92,44  | 30,30 | -22,74 | 9,49  | 4,13  | 2,55             | 5,80  | 4,53  | 3,63 | 2,38 | Körnige<br>Tiefengesteine  |
| 3  | Tinguait             | Vairao, Tahiti           | 94,08  | 10,14 | -4,22  | 11,31 | 0,90  | 3,29             | 2,06  | 1,23  | 1,23 | 1,10 |  |
| 4  | "                    | Papenoo-Tal, Tahiti      | 118,08 | 8,00  | -26,08 | 14,90 | -0,14 | 4,01             | 0,91  | 1,19  | 1,13 | 0,70 |  |
| 8  | Nephelinsyenit       | Papenoo-Tal, Tahiti      | 107,04 | 12,34 | -19,38 | 11,88 | 3,00  | 4,18             | 1,91  | 1,69  | 1,18 | 2,78 | Körnige<br>Tiefengesteine  |
| 7  | "                    | "                        | 94,44  | 19,14 | -13,58 | 10,71 | 2,19  | 4,93             | 3,17  | 2,81  | 2,46 | 2,26 |  |
| 18 | Nephelinmonzonit     | "                        | 87,72  | 28,26 | -15,98 | 8,41  | 5,11  | 2,55             | 6,21  | 3,37  | 3,10 | 2,90 |  |
| 19 | Nepheliningabbro     | "                        | 74,80  | 44,10 | -18,90 | 6,30  | 6,10  | 1,12             | 8,73  | 5,38  | 7,28 | 1,32 | Körnige<br>Tiefengesteine  |
| 14 | Luscladit            | "                        | 64,84  | 46,66 | -11,50 | 6,35  | 3,51  | 1,45             | 6,07  | 9,94  | 4,91 | 4,82 |  |
| 16 | Berondrit            | "                        | 55,08  | 59,56 | -14,64 | 4,37  | 5,03  | 1,26             | 12,77 | 9,60  | 4,90 | 5,02 |  |
| 20 | Mikrogabbro          | "                        | 46,44  | 59,62 | -6,06  | 3,21  | 5,19  | 0,71             | 15,13 | 7,37  | 5,45 | 3,72 | Körnige<br>Tiefengesteine  |
| 15 | Mafrait              | "                        | 45,68  | 64,72 | -10,40 | 4,00  | 3,42  | 0,98             | 15,56 | 10,30 | 3,28 | 6,44 |  |
| 23 | Essixitgabbro        | "                        | 89,88  | 71,22 | -11,10 | 2,38  | 5,21  | 0,31             | 17,68 | 10,53 | 5,33 | 4,14 |  |
| 17 | Wehrhit              | "                        | 9,12   | 95,92 | -5,04  | 0,42  | 1,44  | 0,06             | 30,89 | 11,84 | 3,25 | 3,96 |  |



Als weitere Fortsetzung der gleichen Staffel sind die Tubai- oder Australinseln zu nennen. Ihre Basalte sind nicht näher untersucht. Der glasige Hypersthenandesit, der auf Pitcairne gefunden sein soll, bedarf einer Nachprüfung, sein Vorkommen ist hier sehr unwahrscheinlich.

Die nächste östliche Staffel bilden die Gesellschaftsinseln. Die hierher gehörigen Inseln unter dem Winde wie Bora-bora zeigen Basalte und Gabbrogesteine, Raiatea Basalte und darüber Phonolithe, Huahine Ozeanite und darüber Phonolithe.

Die weiter gegen Osten folgende Staffel ist der Paumotu-archipel, der nur aus Koralleninseln besteht.

Ferner gehört noch die nächste Staffel der Marquesas-Inseln zu derselben Provinz. Es sind vulkanische Inseln ohne Korallenriffe, auf welchen Gabbro, Peridotite, olivinreiche Basalte, Biotittrachyte vorkommen und auf Nukuhiva Leptynite, das sind anscheinend Natrontrachyte, wie sie auf Masafuera gefunden wurden.

Als weit vorgeschobener Posten ist schließlich noch die Osterinsel zu nennen, 560 m, mit gut erhaltenen Vulkankratern, wie Terano Kau. Nephelinbasalte und Tuffe setzen die Insel zusammen.

## 6. Die subamerikanischen Inseln.

### Die Juan-Fernandez-Gruppe.

Auf einem submarinen Sockel von — 2000 m steigen die beiden Inseln der Juan-Fernandez-Gruppe Masafuera, etwa in 34° S.Br., 80° 10' W.L. und die Robinsoninsel Masatierra in 34° S.Br. und 79° 40' W.L. empor, zwischen ihnen und dem südamerikanischen Festland sinkt der Ozeanboden über 7000 m ab. Die Inseln sind zuletzt von Quensel eingehender untersucht worden. Sie sind durchweg vulkanischer Natur. Für ihre Altersbestimmung gibt es aber nur wenige Anhaltspunkte. Die Erosion hat sie in tiefen Quebradas angeschnitten, andererseits sind Kraterböden mit lockeren roten Tuffmassen noch gut erhalten und die alten Lavaströme lassen sich in allen Einzelheiten noch gut verfolgen. Sie müssen daher relativ jung sein, höchstens jungtertiär. Die ihnen eigene Flora deutet auf eine Isolierung, die bis in das Pliozän zurückreicht. Ein angeblicher Ausbruch von 1743 dürfte sich kaum ereignet haben; dagegen ist ein submariner Ausbruch vom 20. Februar 1835 besser verbürgt.

Die ältere der beiden Inseln ist Masatierra. Die halbkreisförmige Cumberlandbai ist ein meerwärts eingestürzter Krater. Steil steigen die Basaltwände bis zum höchsten Punkt, dem Yunque (Amboß), 927 m, an, er ist der Rand eines mit roten Tuffen erfüllten Kraters, der zusammen mit dem Portuzuelozirkus einen Doppelkrater bildet. Hunderte dünnflüssiger Lavaströme mit eingeschalteten Agglomeratbänken bauen



| Nr. | S. 804                                   | Masafuera  |
|-----|--|--|
| 9   | Natrontrachyt (Keratophyr) Trachyandesit | Oberstes Niveau von ca. 1100 m ab                      |
| 8   | Nephelinbasanit                          | Oberstes Niveau von ca. 1000 m ab                      |
| 10  | Pikritbasalt (Oceanit) Feldspatbasalt    | Gänge in Basalt, Loberia Vieja<br>untere Lavaformation |

die Insel auf, die Basalte sind teils olivinreiche, teils olivinarme Feldspatbasalte, die ersteren gehen in Pikritbasalte über. Der Olivin ist gelegentlich ein Hyalosiderit mit 28—30% Eisenoxydul, der sich zu Iddingsit zersetzt. Die tieferen Basaltströme, z. B. an der Cumberlandbai, sind grobkörnig, die oberen schlackig. Zeolithisierungen und andere Anzeichen einer hydatogenen Metamorphose deuten auf eine submarine Bildung der Ströme hin.

Jünger ist die höhere Insel Masafuera, 1837 m. Sie ist deshalb ganz besonders interessant, weil in den höheren Lagen das basaltische Magma eine weitgehende Differentiation erfahren hat und sich aus den Basalten des pazifischen Typus Alkaligesteine mit atlantischen Merkmalen aufgespalten haben. Die jungen Aufspaltungsprodukte erinnern in vielen Beziehungen an alte Ergußgesteinstypen, nämlich an Keratophyre und Pikrite.

Die Westseite bildet einen Steilrand von 1200—1300 m Höhe, an dessen Fuß sich ein Sandstrand, die Loberia vieja, hinzieht. Die Ostseite ist durch radiale Schluchten tiefer zerschnitten. Die ganze Insel ist eine domartige vulkanische Masse. Sie besteht aus denselben Basalten wie Masatierra. Besonders olivinreiche Basaltgänge durchkreuzen die Basaltwände. Von etwa 1000 m an wird der Basalt durch einen lichtgrauen, trachytisch rauhen Nephelinbasanit abgelöst. Von etwa 1100 m ab erscheinen Trachyandesite und als jüngstes Spaltprodukt ein gelbgrüner Natrontrachyt von aphanitischem Korn, der an alte Keratophyre erinnert.

Die obige Übersicht gibt die Zusammensetzung und Eruptionsfolge an.

| Nr. | S. 804               | San Felix                     | L     | M     |
|-----|----------------------|-------------------------------|-------|-------|
| 3   | Nephelinbasanit      | Pahoehoelava, San Felix       | 57,16 | 56,90 |
| 4   | Nephelinbasanit      | Aalava, San Felix             | 41,44 | 77,48 |
| 7   | Tephritischer Basalt | San Ambrosio                  | 60,32 | 48,28 |
| 5   | Gelber Basanituff    | Cerro Amarillo, San Felix     | 49,20 | 76,80 |
| 2   | Hyalotrachyt         | Block im Tuff, Cerro Amarillo | 95,52 | 8,58  |
| 1   | Schiefriger Trachyt  | " " " " "                     | 97,20 | 9,54  |



| L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   |
|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|
| 87,84 | 9,46  | 2,70   | 9,38 | 2,00 | 2,70             | 2,24  | —0,19 | —    | 3,27 |
| 55,60 | 51,24 | —6,84  | 3,28 | 7,34 | 0,53             | 14,41 | —0,89 | 5,38 | 7,22 |
| 25,04 | 37,22 | —22,26 | 1,56 | 3,14 | 0,35             | 36,41 | —1,94 | 8,55 | 2,28 |

## San Felix und San Ambrosio.

San Felix und San Ambrosio ist eine zu Chile gehörige Inselgruppe im Südpazifischen Ozean. San Felix mit dem Cerro Amarillo, 183 m, liegt in 26° 15' S.Br., 80° 7' W.L., Gonzales, 132 m, Peterborough SO und NW davon, San Ambrosio, 457 m, in 26° 18' S.Br. und 79° 55' W.L., diese Inseln steigen aus einem 4000—5000 m tiefen Ozean auf und stellen die Gipfel vulkanischer Massen dar.

San Felix mit Gonzales sind die Reste eines Calderarandes, desgleichen Peterborough und auch San Ambrosio.

San Felix ist nach den Untersuchungen von Bailey Willis und Washington eine niedrige Plattform mit zwei Hügeln, im Westen Cerro Amarillo und die Isleta Gonzales im SO, aus gelbem Palagonittuff, der verbindende Kamm fällt auf der südlichen Innenseite in 60—70 m hohen Cliffs zum Meere ab, auf der Nordseite sind die Cliffs nur 15—20 m hoch. 1923 beobachtete Kapitän Campbell auf dem Kamm vulkanische Gase nach einem starken Erdbeben. San Felix ist demnach zu den solfatarisch tätigen Vulkanen zu zählen. Die letzte Lavaeruption, ein Pahoe-hoestrom, ist gegen Gonzales geflossen, fällt vor die Entdeckung der Inseln im Jahre 1574.

San Ambrosio besteht aus Lavaströmen, die von Gängen durchbrochen werden, der Krater lag im Süden. Der Cathedralfels von Peterborough ist ein herausgewitterter vulkanischer Neck.

Die vulkanischen Formationen zeigen folgende Gliederung von oben nach unten.

| Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Eruptionsfolge          |
|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|-------------------------|
| —14,06 | 6,49  | 1,31  | 2,27             | 12,15 | 9,02  | 6,44 | 1,68 | Junge Lavaformation     |
| —18,92 | 5,56  | —0,38 | 0,44             | 18,68 | 11,99 | 5,94 | 1,98 |                         |
| — 8,60 | 5,50  | 4,08  | 1,68             | 8,31  | 7,65  | 6,84 | 2,68 |                         |
| —26,00 | 8,54  | —2,39 | 2,69             | 17,23 | 10,23 | 3,47 | 0,60 | Alte Palagonitformation |
| — 4,10 | 11,27 | 1,34  | 4,30             | 1,69  | 0,56  | 0,84 | 2,40 | Trachyte                |
| — 6,74 | 12,90 | —0,75 | 4,14             | 0,54  | 1,09  | 0,76 | 0,26 |                         |



### 1. Die junge Lavaformation des Kammes von San Felix.

Es sind Nephelinbasanite, Block- und Fladenlaven. Auf San Ambrosio Tephrite.

### 2. Die gelbe Palagonittuff-Formation des Cerro Amarillo und von Gonzales.

Graue Trachyte, von fast schiefriger Textur, kommen als Einschlüsse von 0,3 m Durchmesser im gelben Palagonittuff vor.

### Die Galápagosinseln.

Die Galápagosinseln stellen eine Inselgruppe von dreizehn größeren Inseln und einer Unzahl kleiner Klippen dar, sie liegen unter dem Äquator zwischen  $0^{\circ}$  und  $1^{\circ}$  S.Br. und  $89^{\circ}$ — $92^{\circ}$  W.L. und gehören zu Ecuador.

Es sind nach abnehmender Größe geordnet die Inseln:

Albemarle, 1400 m, Indefatigable (Chaves), Narborough, 1100 m, Santiago (James I.), Chatam mit Höhen von 600—700 m, Floreana, Hood, Barrington, Duncan, Albington, Bindloe, Tower. Jervis. Th. Wolf gibt folgendes Bild ihres geologischen Baues:

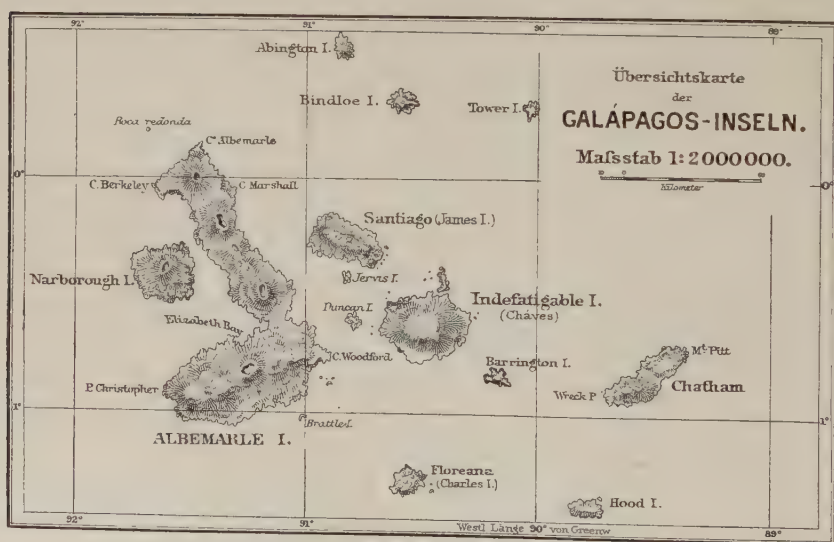


Abb. 71. Die Galápagos-Inseln nach Th. Wolf.

Zwei Formationen lassen sich deutlich unterscheiden:

1. Die alte Tuff-Formation. Wohlgeschichtete helle bis bräunlich gelbe Palagonittuffe bilden auf den größeren Inseln das Liegende. Sie reichen nirgends über 100 m hinauf und sind submariner Entstehung, denn



sie enthalten gelegentlich Muschelschalen, die sich aber von den heute lebenden Arten nicht unterscheiden. Diese Tuffe bauen hufeisenförmige oder halbmondförmige Krater auf und finden sich in den tiefsten Lagen der Inseln vielfach von Laven umflutet, nie aber im Innern. Solche Tuffe beobachtet man auf Chatam, Florence, Santiago, Albemarle und Indefatigable. Besonders gut untersucht sind die Tuffe der kleinen Insel Eden, die der Harrisonbucht im NW von Indefatigable vorgelagert ist. Da die Tuffe mit Schaleneinschlüssen bis zur 100-m-Isohypse ansteigen, muß die Inselgruppe in sehr jugendlicher Zeit um diesen Betrag gehoben sein. Die Tuffkrater sind durch die Brandungswooge zum Teil zerstört, oft in Kuppen und Klippen aufgelöst, doch ist ihre Kraternatur an dem Einfallen der Schichten noch gut zu erkennen. Die Krater sind nach S oder SO aufgerissen, die herrschende Meeresströmung muß also zur Zeit der Ausbrüche schon, wie heute, von SO—NW gerichtet gewesen sein. Wolff beobachtete, daß die Lava wohl gelegentlich in einen solchen Krater hineingeflossen war, nie aber nehmen Lavaströme von ihnen ihren Ausgang. Nur an der Cromorantspitze auf Floreana und am Kap Berkeley auf Nordalbemarle baut sich im Krater ein Schlackenkegel auf. Die Zahl dieser Krater ist sehr groß, Darwin schätzt sie auf 2000.

2. Die junge Lavaformation. Die Vulkane gehören wie auf Hawai und den Samoainseln dem Typus der Schildvulkane an, es sind flachgewölbte Kuppen, oft mit mehreren aufgesetzten Kegeln. Überhaupt drängen sich die Analogien mit den oben genannten in vielen Beziehungen auf.

Extrem dünnflüssige Laven basaltischen Charakters bauen die Inseln auf. Oft bilden sie nur einen einzigen zentralen Schildvulkan, wie z. B. Narborough, Indefatigable, oder die Vulkane sind über eine Spalte gereiht. Wolff hält die Reihung allerdings nicht beweisend für das Vorhandensein von Spalten, er ist durch die Stübelsche Theorie in seinem Urteil befangen. Die auffallende, fast rechtwinkelige Anordnung von Nord- und Südalbemarle ist kaum anders als durch Kreuzung von zwei Spalten zu verstehen.

Die Bildung der Galápagosinseln muß sehr jugendlich sein, wie man aus dem Fehlen von Erosionsrinnen und aus der durchweg frischen Beschaffenheit der Laven schließen muß. Für die Lavaformation wird man ein postpleistozänes Alter annehmen müssen.

Die nachfolgenden Gesteinsparameter geben ein Bild der Laven an.

| Nr. | S. 804        | Galápagos-Inseln | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   |
|-----|---------------|------------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|------|
| 11  | Andesinbasalt | Insel Eden       | 57,60 | 48,36 | —5,96 | 4,30 | 5,80 | 0,46             | 9,45  | 5,60 | 8,80 | 0,66 |
| 12  | Palagonittuff | Insel Eden       | 64,28 | 32,33 | 3,39  | 3,85 | 8,37 | 0,17             | 8,12  | 5,31 | —    | 5,47 |
| 14  | Palagonittuff | Insel Eden       | 52,28 | 38,85 | 8,87  | 1,84 | 9,39 | 0,88             | 14,30 | 2,36 | —    | 5,53 |



Die Nachrichten über Ausbrüche sind äußerst dürftig, das ist schließlich auch erklärlich, da diese Inseln abgelegen und lange nicht bewohnt waren. Darwin sah 1835 auf Nordalbemarle Rauch aufsteigen, Perrey gibt einen Ausbruch 1844 an. Zwei Vulkane auf Narborough waren am 4. August 1814 tätig, 1825 fand daselbst ein Lavaerguß aus einem Krater statt. (Sapper).

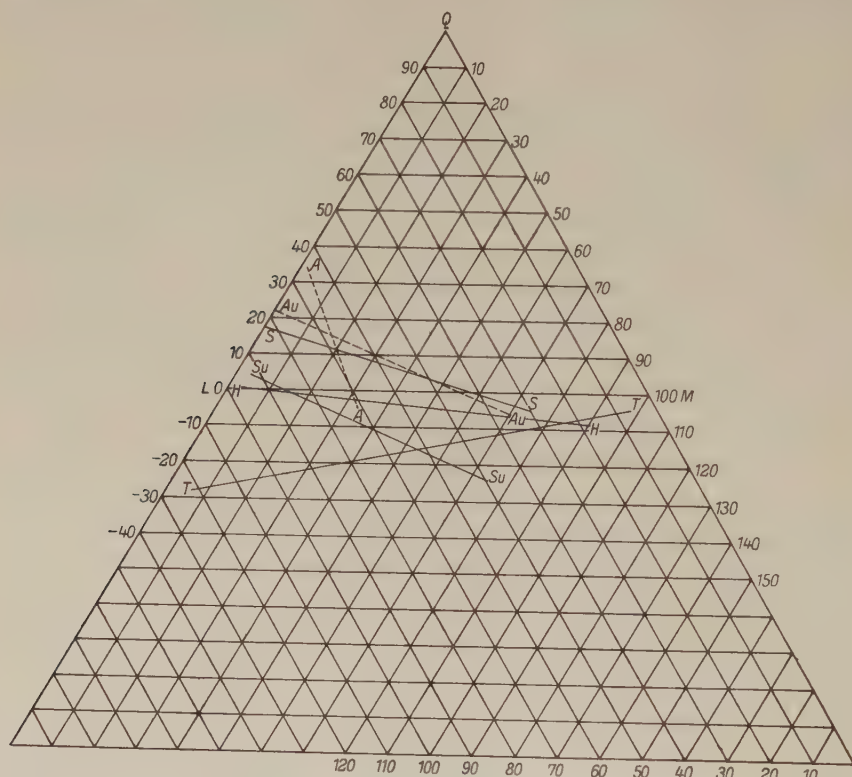


Abb. 72. Die Differentiationsrichtungen der Magmen des inneren pazifischen Raumes und seiner Randgebiete.

Au—Au: Australischer Rand, Neuguinea, Salomonen, Neuhebriden, Tonga. S—S: Samoa-Inseln, Sawai, Tutuila. T—T: Tahiti-provinz. H—H: Hawai-Inseln. Su—Su: Subamerikanische Inseln, Juan Fernandez, Galágos-Inseln usw. A—A: Anden von Südamerika.

### Zusammenfassung.

Das innerpazifische Gebiet weist eine Anzahl gemeinsamer Züge auf. Lineareruptionen und Zentraleruptionen vom Hawaitypus haben Rücken- und Schildvulkane aufgebaut. Die Laven sind basische, basaltische Magmen und ihre Differentiationsprodukte von extremer Dünnschmelzbarkeit: Nach dem Zustand der Erosion sind Tahiti, Tutuila und einige Inseln der Hawaigruppe älterer Entstehung, vielleicht seit dem Pliozän angelegt. Ein Vergleich der Magmen lehrt, daß im innerpazifischen Raum die Differentiation andere Wege eingeschlagen hat wie in den Randgebieten.



Aus den Basalten mit pazifischen Merkmalen entwickeln sich nicht immer saurer werdende Andesite, sondern auch Alkaligesteine vom atlantischen Typus.

Am weitesten ist die Differentiation auf Tahiti vorgerückt (vgl. Abb. 70). Zu den Phonolithen, Tinguaiten und Trachyten, Ergußgesteinen des Nephelinsyenits gelangt die Entwicklung von den Pikritbasalten, Ozeaniten u. dgl., Ergußformen des Wehrlits und Peridotits. Die Tahiti-provinz ist eine ausgesprochene atlantische Alkaliprovinz. Im ganzen etwas saurer und weniger ausgesprochen alkalisch ist die Hawaii-provinz. Für sie ist Vereinigung von Gesteinen mit pazifischen und atlantischen Merkmalen charakteristisch. Ansätze zur Entwicklung von Andesiten, allerdings basischen Grenztypen mit positiven Q-Werten, sind unverkennbar (Kilauea und Mauna Loa). Die Differentiationsbreite der Hawaii-laven ist nicht so groß wie bei der Tahitiprovinz.

Die Samoalaven sind stärker nach der Trachytseite entwickelt und noch saurer als die Hawaii-laven.

Die subamerikanischen Inseln entsprechen im ganzen den Hawaii-laven.

Leukokrate, saure Laven sind nicht besonders häufig, sie mögen altpleistozän, wenn nicht pliozän sein. Es sind dann Phonolithe und Trachyte. Man hat sie kennengelernt vom Kohala, Westmaui, Tutuila, Tahiti und anderen Gesellschaftsinseln, von den Marquesas, Masafuera, San Felix.

Die gelben submarinen Palagonittuffe sind von verschiedener Zusammensetzung und zum Teil subrezenter Entstehung.

Pazifische und atlantische Magmen können sich aus den gleichen basaltischen Ursprüngen unter verschiedenen Bedingungen von Temperatur, Druck und Gaskonzentrationen entwickeln.

Vergleicht man jedoch den ganzen gewaltigen Raum zwischen den asiatischen und australischen Kontinenten im Westen und der brasilianischen Masse und Laurentia im Osten auf der amerikanischen Seite, so läßt die Verteilung der verschiedenen Magmaprovinzen regionale Abhängigkeiten und innige Beziehungen zur Tektonik deutlich erkennen. Nur in den randlichen Faltungszonen, in Antiklinalgebieten, herrschen die leichteren, sauren Magmen des reinen pazifischen Typus. Die Muldenachse des Pazifiks ist in den Gesellschaftsinseln mit einer rein atlantischen, basischen Magmaprovinz aufgeschlossen. Für die Zwischenregionen sind gemischte Provinzen charakteristisch. So ergibt sich eine zu dieser Muldenachse symmetrische Verteilung der Magmenprovinzen. Die ausgesprochenen Kaliprovinzen, wie Celebes und die Leuzit Hills im Osten der Rocky Mountains haben eine analoge tektonische Position. Regionale Abhängigkeiten aber zwingen zu dem Schluß, daß neben den Faktoren Druck und Temperatur noch Unterschiede in der stofflichen Ausgangskonzentration für die Ausbildung einer Magmaprovinz von Bedeutung sein müssen.



## Hawai-Inseln I. Kohala.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1  | 2     | 3                    | 4                                | 5     | 6     | 7   | 8                    | 9     | 10  | 11    | 12    |
|--|--|-------|----------------------|----------------------------------|-------|-------|---|----------------------|-------|---|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 52,27                                      | 51,99 | 58,06                | 47,39                            | 45,33 | 49,09 | 47,33                                     | 47,98                | 49,14 | 49,01                                     | 49,70 | 45,79 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 2,13                                       | 3,02  | 1,88                 | 2,83                             | 2,45  | 2,66  | 4,84                                      | 3,53                 | 4,21  | 3,93                                      | 1,92  | 5,00  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,62                                       | 1,25  | 0,65                 | 2,22                             | 2,32  | 0,80  | 1,05                                      | 0,22                 | 0,43  | 0,49                                      | 0,56  | 0,40  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 17,05                                      | 16,30 | 18,21                | 16,46                            | 16,52 | 15,15 | 17,96                                     | 15,32                | 14,64 | 16,29                                     | 14,65 | 11,67 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,51                                       | 2,75  | 4,87                 | 3,75                             | 5,60  | 2,95  | 12,64                                     | 2,49                 | 4,49  | 7,61                                      | 1,88  | 2,99  |
| FeO . . . . .                            | 7,20                                       | 7,44  | 2,01                 | 8,42                             | 6,92  | 10,22 | 0,51                                      | 8,86                 | 7,17  | 4,89                                      | 8,03  | 10,32 |
| MnO . . . . .                            | 0,16                                       | 0,11  | 0,36                 | 0,09                             | 0,10  | 0,09  | 0,64                                      | 0,12                 | 0,10  | 0,27                                      | 0,15  | —     |
| MgO . . . . .                            | 3,13                                       | 3,19  | 1,59                 | 5,08                             | 7,38  | 4,94  | 3,97                                      | 6,16                 | 3,62  | 7,80                                      | 3,62  | 8,90  |
| CaO . . . . .                            | 5,82                                       | 6,67  | 3,29                 | 7,35                             | 7,89  | 8,47  | 6,29                                      | 10,28                | 9,67  | 9,79                                      | 12,10 | 9,60  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,40                                       | 5,64  | 6,12                 | 4,71                             | 4,24  | 4,09  | 3,67                                      | 3,56                 | 3,82  | 3,82                                      | 2,09  | 2,20  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 2,22                                       | 2,13  | 2,75                 | 1,65                             | 1,49  | 1,31  | 1,10                                      | 1,08                 | 1,45  | 0,80                                      | 0,52  | 0,66  |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,44                                       | 0,29  | —                    | 0,28                             | 0,28  | 0,17  | —   | 0,62                 | 0,65  | —   | 0,22  | 1,85  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,08                                       | 0,07  | —                    | 0,09                             | 0,05  | 0,07  | —   | 0,25                 | 0,14  | —   | 0,09  | 0,82  |
| Sonstige Bestandteile                    | SO <sub>3</sub> 0,13<br>Cl Sp.<br>BaO 0,05 | —     | SO <sub>3</sub> 0,05 | SO <sub>3</sub> 0,06<br>BaO 0,04 | —     | —     | S 0,07<br>SO <sub>3</sub> 0,07<br>Cu 0,15 | SO <sub>3</sub> 0,02 | —     | SO <sub>3</sub> 0,20<br>S 0,02<br>Cu 0,10 | —     | —     |

|                |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |        |
|----------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Sa. . . . .    | 100,21 | 100,85 | 99,84 | 100,42 | 100,57 | 100,01 | 100,29 | 100,49 | 100,03 | 100,84 | 99,71 | 100,20 |
| Spez. Gew. . . | 2,736  | 2,756  | —     | 2,795  | —      | 2,960  | —      | 2,989  | 2,847  | —      | 2,895 | —      |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 58,50 | 57,32 | 65,97 | 52,70 | 50,10 | 53,66 | 55,87 | 51,75 | 54,48 | 54,95 | 52,49 | 49,41 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,83  | 2,53  | 1,64  | 2,35  | 2,07  | 2,18  | 4,27  | 2,86  | 3,54  | 3,31  | 1,53  | 4,04  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,27  | 0,60  | 0,34  | 1,07  | 1,06  | 0,40  | 0,50  | 0,13  | 0,20  | 0,20  | 0,25  | 0,20  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,27 | 10,64 | 12,19 | 10,80 | 10,79 | 9,76  | 12,53 | 9,75  | 9,56  | 10,74 | 9,11  | 7,42  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,48  | 1,13  | 2,12  | 1,61  | 2,33  | 1,25  | 5,62  | 1,04  | 1,87  | 3,24  | 0,76  | 1,24  |
| FeO . . . . .                            | 6,75  | 6,91  | 1,92  | 7,85  | 6,40  | 9,36  | 0,50  | 8,00  | 6,68  | 4,59  | 7,13  | 9,37  |
| MnO . . . . .                            | 0,13  | 0,13  | 0,34  | 0,07  | 0,07  | 0,06  | 0,64  | 0,13  | 0,07  | 0,27  | 0,13  | —     |
| MgO . . . . .                            | 5,26  | 5,25  | 2,67  | 8,45  | 12,19 | 8,11  | 7,05  | 9,95  | 6,55  | 6,08  | 12,29 | 14,39 |
| CaO . . . . .                            | 7,02  | 7,91  | 4,04  | 8,79  | 9,39  | 9,95  | 7,97  | 11,90 | 11,50 | 11,82 | 13,76 | 11,13 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 5,87  | 6,05  | 6,78  | 5,10  | 4,53  | 4,35  | 4,20  | 3,71  | 4,81  | 4,19  | 2,17  | 2,34  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,62  | 1,53  | 1,99  | 1,21  | 1,07  | 0,92  | 0,85  | 0,78  | 0,74  | 0,61  | 0,38  | 0,46  |



| N  | Gestein                     | Ort                                       | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|-----------------------------|---|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 1  | Oligoklas-andesit (Kohalit) | Puu Makea, 1097 m, Kohala                 | 75,04 | 30,76 | -5,80  | 7,49 | 3,78 | 1,62             | 5,26  | 3,24 | 5,40 | 2,96 | Washington |
| 2  | Oligoklas-andesit           | Puu Komoa, 884 m, Momoualoo Gulch, Kohala | 72,88 | 34,28 | -7,16  | 7,58 | 3,06 | 1,53             | 5,25  | 4,85 | 5,91 | 2,26 | "          |
| 3  | Oligoklasit                 | Bei Waimea, Kohala                        | 83,84 | 11,10 | 5,06   | 8,77 | 3,42 | 1,99             | 2,67  | 0,62 | 0,14 | 4,24 | Lyons      |
| 4  | Olivinoligo-klasandesit     | 975 m, Puu Kawaiwai, Kohala               | 68,44 | 41,34 | -9,78  | 6,31 | 4,49 | 1,21             | 8,45  | 4,30 | 6,31 | 3,22 | Washington |
| 5  | Olivinoligo-klasandesit     | 914 m, Puu Lahikiola, Kohala              | 65,56 | 45,72 | -11,28 | 5,60 | 5,19 | 1,07             | 12,19 | 4,20 | 4,14 | 4,66 | "          |
| 6  | Olivinoligo-klasandesit     | Seespiegel Mahukona, Kohala               | 60,12 | 45,98 | -6,10  | 5,27 | 4,49 | 0,92             | 8,11  | 5,46 | 8,17 | 2,50 | "          |
| 7  | Poriger Basalt              | Cinder Cone, Kohala                       | 70,32 | 21,84 | 7,84   | 5,05 | 7,48 | 0,85             | 7,05  | 0,49 | —    | 6,76 | Lyons      |
| 8  | Basalt porphyr.             | 1036 m, Kawaihae Gulch, Kohala            | 56,96 | 49,44 | -6,40  | 4,49 | 5,26 | 0,78             | 9,95  | 6,64 | 7,09 | 2,08 | Washington |
| 9  | Feldspat-porphyr. Basalt    | 883 m, Momoualoo Gulch, Kohala            | 60,44 | 41,58 | -2,02  | 5,55 | 4,01 | 0,74             | 6,55  | 7,49 | 4,88 | 3,74 | "          |
| 10 | Porphyr. Basalt             | Kohala                                    | 62,16 | 33,64 | 4,20   | 4,80 | 5,94 | 0,61             | 6,08  | 5,88 | 1,62 | 6,48 | Lyons      |
| 11 | Basalt                      | Waiaka Gulch, bei Waimea, Kohala          | 46,64 | 53,50 | -0,14  | 2,55 | 6,56 | 0,38             | 12,29 | 7,20 | 6,50 | 1,52 | Washington |
| 12 | Basalt                      | S von Kaala, bei Waimea, Kohala           | 40,88 | 60,54 | -1,42  | 2,80 | 4,62 | 0,46             | 14,39 | 6,51 | 8,13 | 2,48 | "          |

Literatur: 1—12. Washington, Am. Journ. Sc. 5, 1923, S. 478, 480, 483, 487.



## Hawai-Inseln II. Mauna Kea.

## A. Gewichtsprocente.

|                                | 1      | 2      | 3                     | 4      | 5     | 6      | 7      | 8     | 9      | 10     | 11     | 12     | 13                                  |
|--------------------------------|--------|--------|-----------------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 50,68  | 50,09  | 49,78                 | 50,92  | 48,42 | 51,97  | 51,12  | 47,79 | 46,43  | 47,72  | 47,32  | 47,19  | 46,57                               |
| TiO <sub>2</sub>               | 2,64   | 2,47   | 3,05                  | 2,55   | 3,25  | 2,11   | 1,91   | 1,90  | 3,03   | 2,48   | 3,09   | 2,27   | 1,67                                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,17   | 0,78   | 0,84                  | 0,40   | 0,91  | 0,25   | 0,27   | 0,26  | 0,33   | 0,43   | 0,53   | 0,55   | 0,34                                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,42  | 19,49  | 16,39                 | 17,59  | 13,97 | 12,65  | 12,91  | 14,80 | 15,22  | 16,19  | 16,68  | 10,95  | 7,81                                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,79   | 5,73   | 7,58                  | 3,80   | 4,17  | 4,60   | 1,75   | 2,63  | 3,79   | 3,82   | 2,63   | 3,31   | 2,40                                |
| FeO                            | 6,22   | 8,47   | 3,98                  | 6,69   | 9,57  | 7,05   | 9,71   | 10,04 | 8,19   | 8,25   | 8,67   | 10,21  | 8,91                                |
| MnO                            | 0,22   | 0,15   | 0,23                  | 0,20   | 0,17  | 0,16   | 0,09   | 0,14  | 0,10   | 0,08   | 0,16   | 0,16   | 0,13                                |
| MgO                            | 4,25   | 4,33   | 4,06                  | 3,90   | 4,61  | 7,98   | 7,88   | 6,89  | 8,40   | 5,68   | 5,43   | 10,52  | 19,74                               |
| CaO                            | 6,47   | 6,92   | 7,17                  | 6,97   | 8,86  | 10,59  | 10,56  | 11,31 | 10,37  | 11,20  | 11,27  | 9,73   | 10,65                               |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,70   | 4,82   | 4,12                  | 4,28   | 3,30  | 2,77   | 3,94   | 2,56  | 2,55   | 2,80   | 3,08   | 4,69   | 1,70                                |
| K <sub>2</sub> O               | 2,16   | 1,93   | 1,86                  | 1,29   | 0,84  | 0,34   | 0,21   | 0,94  | 0,99   | 0,84   | 0,79   | 0,93   | 0,33                                |
| H <sub>2</sub> O +             | 0,23   | 0,32   | 0,54                  | 0,79   | 0,84  | 0,26   | 0,19   | 0,54  | 0,82   | 0,51   | 0,23   | 0,17   | 0,11                                |
| H <sub>2</sub> O               | 0,19   | 0,08   | 0,81                  | 0,35   | 0,42  | 0,11   | 0,12   | 0,09  | 0,38   | 0,25   | 0,17   | 0,07   | 0,09                                |
| Sonst. Bestandt.               | —      | —      | ZrO <sub>2</sub> 0,03 | —      | —     | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,23 |
| Sa. . . . .                    | 100,14 | 100,58 | 100,46                | 100,30 | 99,78 | 100,84 | 100,66 | 99,89 | 100,60 | 100,25 | 100,05 | 100,75 | 100,68                              |
| Spez. Gew. . . .               | 2,709  | —      | 2,911                 | 2,761  | 2,982 | 3,040  | 3,039  | 3,018 | 2,994  | 2,972  | 2,978  | —      | 3,164                               |

## B. Molekularprocente.

|                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 56,79 | 54,92 | 55,74 | 56,99 | 54,01 | 54,58 | 53,13 | 51,26 | 49,88 | 52,11 | 51,49 | 48,69 | 44,80 |
| TiO <sub>2</sub>               | 2,24  | 2,05  | 2,57  | 2,16  | 2,76  | 1,65  | 1,50  | 1,55  | 2,46  | 2,04  | 2,56  | 1,74  | 1,22  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,07  | 0,40  | 0,41  | 0,21  | 0,40  | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,20  | 0,26  | 0,25  | 0,12  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,87 | 12,62 | 12,77 | 11,61 | 9,21  | 7,85  | 7,89  | 9,37  | 9,72  | 10,41 | 10,69 | 6,65  | 4,41  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,43  | 0,33  | 3,24  | 1,62  | 1,75  | 1,84  | 0,69  | 1,10  | 1,55  | 1,58  | 1,11  | 1,31  | 0,87  |
| FeO                            | 5,87  | 7,80  | 3,72  | 6,28  | 8,94  | 6,21  | 8,46  | 9,05  | 7,38  | 7,58  | 7,93  | 8,83  | 7,20  |
| MnO                            | 0,20  | 0,13  | 0,20  | 0,20  | 0,13  | 0,13  | 0,06  | 0,13  | 0,06  | 0,06  | 0,13  | 0,13  | 0,12  |
| MgO                            | 7,09  | 7,07  | 6,82  | 6,55  | 7,67  | 12,54 | 12,22 | 11,05 | 13,47 | 9,29  | 8,85  | 16,23 | 28,43 |
| CaO                            | 7,76  | 8,13  | 8,65  | 8,37  | 10,63 | 11,97 | 11,78 | 13,06 | 11,98 | 13,18 | 13,18 | 10,82 | 11,03 |
| Na <sub>2</sub> O              | 5,13  | 5,16  | 4,46  | 4,66  | 3,56  | 2,85  | 4,01  | 2,65  | 2,66  | 2,96  | 3,28  | 4,73  | 1,57  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,55  | 1,39  | 1,42  | 1,35  | 0,94  | 0,25  | 0,13  | 0,65  | 0,71  | 0,59  | 0,52  | 0,62  | 0,23  |



| Gestein                                       | Ort   | Lage-<br>rung     | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|---|---|-------------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 1 Andesin-<br>andesit                         | Seespiegel Laupahoehoe,<br>Mauna Kea            | Jüngster<br>Strom | 70,20 | 33,46 | —3,66  | 6,68 | 4,19 | 1,55             | 7,09  | 3,57 | 3,64 | 4,86 | Washington |
| 2 Andesin-<br>andesit                         | 823 m, Nohonaohoe,<br>NW-Flanke, Mauna Kea      |                   | 76,68 | 34,12 | —10,80 | 6,55 | 6,07 | 1,39             | 7,07  | 2,06 | 7,60 | 0,66 | "          |
| 3 Andesin-<br>andesit                         | 3353 m, SO-Hang,<br>Mauna Kea                   |                   | 74,60 | 25,00 | 0,40   | 5,88 | 6,89 | 1,42             | 6,82  | 1,76 | 0,68 | 6,48 | "          |
| 4 Andesin-<br>andesit<br>(Trachy-<br>dolerit) | 3962 m, Poliahu Cone,<br>Gipfel Mauna Kea       |                   | 70,48 | 31,60 | —2,08  | 6,01 | 5,60 | 1,35             | 6,55  | 2,77 | 4,86 | 3,24 | "          |
| 5 Andesinbasalt                               | 274 m, Papalele Gulch,<br>Mauna Kea             | Ein-<br>schluß    | 54,84 | 45,32 | —0,16  | 4,50 | 4,71 | 0,94             | 7,67  | 5,92 | 7,32 | 3,50 | Steiger    |
| 6 Ophitischer<br>Andesinbasalt                | Waipio Pali, Mauna Kea                          |                   | 43,80 | 52,20 | 4,00   | 3,10 | 4,75 | 0,25             | 12,54 | 7,22 | 4,50 | 3,68 | Washington |
| 7 Ophitischer<br>Andesinbasalt                | Unterster Strom am Haus<br>Kahoolawe Island     |                   | 48,12 | 57,54 | —5,66  | 4,14 | 3,75 | 0,13             | 12,22 | 8,03 | 7,83 | 1,38 | "          |
| 8 Basalt                                      | 582 m, Ahualoa bei<br>Honokaa, Mauna Kea        |                   | 50,68 | 54,44 | —5,12  | 3,30 | 6,07 | 0,65             | 11,05 | 6,99 | 8,08 | 2,20 | "          |
| 9 Basalt                                      | 61 m, Steinbruch über<br>Laupahoehoe, Mauna Kea |                   | 52,36 | 53,08 | —5,44  | 3,37 | 6,35 | 0,71             | 13,47 | 5,63 | 5,89 | 3,10 | "          |
| 10 Feldspat-<br>porph. Basalt                 | 823 m, Nohonaohoe Cone,<br>Mauna Kea            |                   | 55,84 | 46,50 | —2,34  | 3,55 | 6,86 | 0,59             | 9,29  | 6,32 | 6,06 | 3,16 | "          |
| 11 Feldspat-<br>porph. Basalt                 | 274 m, Papalele Gulch,<br>Mauna Kea             |                   | 57,96 | 46,40 | —4,36  | 3,80 | 6,89 | 0,52             | 8,85  | 6,29 | 6,95 | 2,22 | "          |
| 12 Oligoklas-<br>basalt                       | Kaula Gulch über Oakola,<br>Mauna Kea           |                   | 48,00 | 69,42 | —17,42 | 5,35 | 1,30 | 0,62             | 16,23 | 9,52 | 7,65 | 2,62 | "          |
| 13 Pikritbasalt                               | Kaula Gulch über Oakola,<br>Mauna Kea           |                   | 24,84 | 88,34 | —13,18 | 1,80 | 2,61 | 0,23             | 28,43 | 8,42 | 6,45 | 1,74 | "          |

Literatur: Washington, Am. Journ. Sc. 5, 1929, S. 490, 493, 497, 500.



## Hawai-Inseln III. Hualalai. Alte Laven des Mauna Loa.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3                    | 4      | 5      | 6      | 7   | 8                                 | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 46,01  | 46,76  | 46,43                | 48,04  | 47,69  | 48,17  | 62,19   | 62,02                             | 49,24 | 48,60 | 49,24 | 45,97 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,80   | 2,12   | 2,59                 | 3,13   | 2,79   | 4,32   | 0,37  | 0,31                              | 3,40  | 3,37  | 3,70  | 1,75  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,62   | 0,32   | 0,67                 | 0,33   | 0,67   | 0,35   | 0,14  | 0,24                              | 0,08  | 0,18  | 0,17  | 0,21  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,40  | 13,78  | 10,91                | 15,35  | 16,92  | 15,45  | 17,43   | 18,71                             | 12,72 | 10,75 | 13,51 | 5,98  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,22   | 1,26   | 3,15                 | 5,72   | 3,69   | 3,98   | 1,65  | 4,30                              | 4,27  | 3,92  | 3,86  | 5,86  |
| FeO . . . . .                            | 8,15   | 10,43  | 10,26                | 7,67   | 8,83   | 8,67   | 2,64  | 0,10                              | 8,44  | 9,38  | 8,88  | 7,39  |
| MnO . . . . .                            | 0,08   | 0,08   | 0,09                 | 0,10   | 0,13   | —      | 0,32  | 0,15                              | 0,10  | 0,05  | 0,12  | 0,11  |
| MgO . . . . .                            | 13,25  | 11,07  | 11,08                | 5,77   | 4,02   | 3,97   | 0,40  | 0,40                              | 7,10  | 9,80  | 5,90  | 23,55 |
| CaO . . . . .                            | 10,74  | 10,54  | 10,09                | 10,13  | 10,73  | 11,00  | 0,86  | 0,86                              | 9,74  | 10,38 | 10,44 | 6,47  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,30   | 3,59   | 3,16                 | 3,26   | 2,89   | 3,04   | 8,28  | 6,90                              | 1,87  | 2,54  | 2,40  | 1,50  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,67   | 0,64   | 0,54                 | 0,79   | 1,17   | 0,98   | 5,03  | 4,93                              | 0,28  | 0,34  | 0,46  | 0,42  |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,19   | 0,10   | 0,66                 | 0,27   | 0,57   | 0,25   | 0,39  | 0,80                              | 1,57  | 0,22  | 0,70  | 0,64  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,07   | 0,10   | 0,15                 | 0,04   | 0,09   | 0,06   | 0,14  | 0,31                              | 1,15  | 0,06  | 0,47  | 0,04  |
| Sonstige Bestandteile                    | —      | —      | SO <sub>3</sub> 0,07 | —      | —      | —      | CO <sub>2</sub> 0,02<br>ZrO <sub>2</sub> 0,04<br>BaO 0,03 | ZrO <sub>2</sub> 0,06<br>BaO 0,02 | —     | —     | —     | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,50 | 100,79 | 99,85                | 100,60 | 100,29 | 100,24 | 99,93   | 100,11                            | 99,96 | 99,59 | 99,85 | 99,89 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 3,080  | —      | 3,045                | 3,001  | 2,984  | 2,994  | —   | 2,763                             | —     | —     | —     | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 46,87 | 47,85 | 48,43 | 52,54 | 52,92 | 53,02 | 70,04 | 71,66 | 53,98 | 50,88 | 53,68 | 43,79 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,41  | 1,66  | 2,01  | 2,57  | 2,34  | 3,58  | 0,34  | 0,28  | 2,77  | 2,66  | 3,02  | 2,70  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,25  | 0,12  | 0,31  | 0,13  | 0,33  | 0,20  | 0,07  | 0,14  | 0,07  | 0,06  | 0,07  | 0,11  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 9,28  | 8,32  | 6,73  | 9,89  | 11,10 | 10,02 | 11,62 | 12,74 | 8,25  | 6,63  | 8,67  | 3,40  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,49  | 0,49  | 1,26  | 2,37  | 1,54  | 1,66  | 0,68  | 1,88  | 1,78  | 1,58  | 1,58  | 2,13  |
| FeO . . . . .                            | 6,94  | 8,94  | 8,99  | 7,05  | 8,23  | 8,03  | 2,51  | 0,07  | 7,79  | 8,27  | 8,15  | 5,92  |
| MnO . . . . .                            | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,07  | 0,13  | —     | 0,34  | 0,14  | 0,07  | 0,06  | 0,13  | 0,11  |
| MgO . . . . .                            | 20,21 | 16,96 | 17,30 | 9,43  | 6,69  | 6,57  | 0,68  | 0,70  | 11,62 | 15,34 | 9,59  | 33,56 |
| CaO . . . . .                            | 11,79 | 11,59 | 11,32 | 11,93 | 12,78 | 13,01 | 1,02  | 1,04  | 11,49 | 11,68 | 12,22 | 6,61  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,27  | 3,58  | 3,21  | 3,49  | 3,14  | 3,25  | 9,10  | 7,73  | 1,98  | 2,59  | 2,56  | 1,38  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,43  | 0,43  | 0,38  | 0,53  | 0,80  | 0,66  | 3,60  | 3,62  | 0,20  | 0,25  | 0,33  | 0,29  |



| N  | Gestein                                  | Ort  | Lage-<br>rung        | L     | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|--|--|----------------------|-------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1  | Olivinbasalt<br>(Durch-<br>schnittslava) | 2255 m, Nordhang Hualalai                  |                      | 47,92 | 64,84 | -12,76 | 2,70  | 6,58  | 0,43             | 20,21 | 5,21  | 6,51 | 0,98 | Washington |
| 2  | Olivinbasalt                             | Pitkrater, Gipfel Hualalai                 | Block                | 49,32 | 66,48 | -15,80 | 4,01  | 4,31  | 0,43             | 16,96 | 7,28  | 8,51 | 0,98 | "          |
| 3  | Olivinbasalt                             | Lava 1801, Hualalai                        |                      | 41,28 | 69,06 | -10,34 | 3,59  | 3,14  | 0,38             | 17,30 | 8,18  | 7,79 | 2,52 | "          |
| 4  | Basalt                                   | Gipfel Hualalai                            | Strom                | 55,64 | 45,22 | -0,86  | 4,02  | 5,87  | 0,53             | 9,43  | 6,06  | 4,75 | 4,74 | "          |
| 5  | Feldspat-<br>porphyr.<br>Basalt          | "  | Block                | 60,16 | 41,34 | -1,50  | 3,94  | 7,16  | 0,80             | 6,69  | 5,62  | 6,82 | 3,08 | "          |
| 6  | Gabbro                                   | "  | Block                | 55,72 | 43,00 | 1,28   | 3,91  | 6,11  | 0,66             | 6,57  | 6,90  | 6,37 | 3,32 | "          |
| 7  | Trachyt,<br>Obsidian                     | Puu Waawaa, Hualalai                       |                      | 92,96 | 14,78 | -7,74  | 12,70 | -1,08 | 3,60             | 0,68  | 1,02  | 2,45 | —    | Hillebrand |
| 8  | Trachyt                                  | Puu Anakubu, Hualalai                      |                      | 95,31 | 3,49  | 1,20   | 11,35 | 1,04  | 3,62             | 0,70  | -0,35 | —    | 2,09 | Washington |
| 9  | Labradorit-<br>Basalt                    | Clover Hill bei Naalehu,<br>Kau, Mauna Loa |                      | 41,72 | 49,80 | 8,48   | 2,18  | 6,07  | 0,20             | 11,62 | 5,42  | 6,08 | 3,56 | "          |
| 10 | Ophitischer<br>Olivinbasalt              | Kamaikeohu Spring, Kau,<br>Mauna Loa       | Prepahala-<br>Serie  | 37,88 | 63,12 | -1,00  | 2,84  | 3,79  | 0,25             | 15,34 | 7,89  | 6,75 | 3,16 | "          |
| 11 | Feldspat-<br>porphyr.<br>Basalt          | Naalehu, Kau, Mauna Loa                    | Pahala-<br>Serie     | 46,24 | 48,02 | 5,14   | 2,89  | 5,78  | 0,33             | 9,59  | 6,44  | 6,70 | 3,16 | Bailey     |
| 12 | Pikritbasalt                             | Makanao Valley, Kau,<br>Mauna Loa          | Postpahala-<br>Serie | 20,28 | 88,94 | -9,22  | 1,67  | 1,73  | 0,29             | 33,56 | 4,88  | 3,90 | 4,26 | "          |

Literatur: H. S. Washington, Am. Journ. Sc. 6. 1923, S. 100.



## Hawai-Inseln IV. Mauna Loa. Rezente Laven.

| A. Gewichtsprocente.                     |       |        |        |        |        |   |        |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|---|--------|
|  | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6   | 7      |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 52,28 | 52,65  | 51,90  | 52,30  | 48,48  | 48,57   | 49,27  |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 4,43  | 3,52   | 4,89   | 3,98   | 3,77   | 1,48  | 2,58   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,32  | 0,25   | 0,28   | 0,28   | 0,33   | 0,19  | 0,26   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 10,83 | 12,12  | 11,69  | 11,84  | 8,47   | 10,51   | 9,38   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,90  | 2,19   | 2,24   | 2,06   | 2,72   | 2,19  | 1,28   |
| FeO . . . . .                            | 9,30  | 8,87   | 8,84   | 9,03   | 8,66   | 9,45  | 10,31  |
| MnO . . . . .                            | 0,12  | 0,11   | 0,11   | 0,10   | 0,11   | 0,16  | 0,09   |
| MgO . . . . .                            | 7,69  | 7,43   | 7,37   | 7,15   | 11,82  | 17,53   | 17,74  |
| CaO . . . . .                            | 10,03 | 10,12  | 9,87   | 10,60  | 10,56  | 8,06  | 7,46   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,29  | 2,25   | 2,07   | 2,47   | 3,15   | 1,59  | 1,80   |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,51  | 0,35   | 0,41   | 0,49   | 0,54   | 0,34  | 0,42   |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,15  | 0,24   | 0,31   | 0,15   | 1,19   | 0,37  | 0,12   |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,08  | 0,07   | 0,04   | 0,03   | 0,24   | 0,10  | 0,06   |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —     | —      | —      | —      | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,10<br>NiO 0,08 | —      |
| Sa. . . . .                              | 99,93 | 100,17 | 100,02 | 100,48 | 100,04 | 100,72  | 100,77 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 2,816 | 2,955  | 2,838  | 2,874  | 2,881  | 3,065   | 3,094  |

## B. Molekularprocente.

| B. Molekularprocente.                    |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 54,71 | 55,22 | 54,81 | 54,67 | 49,81 | 47,80 | 47,97 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 3,47  | 2,78  | 3,88  | 3,15  | 2,91  | 1,13  | 1,88  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,06  | 0,12  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 6,69  | 7,53  | 7,26  | 7,31  | 5,14  | 6,11  | 5,40  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,76  | 0,89  | 0,89  | 0,82  | 1,05  | 0,83  | 0,47  |
| FeO . . . . .                            | 8,14  | 7,78  | 7,83  | 7,94  | 7,50  | 7,83  | 8,46  |
| MnO . . . . .                            | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,06  | 0,13  | 0,12  | 0,06  |
| MgO . . . . .                            | 12,05 | 11,64 | 11,52 | 11,16 | 18,15 | 25,80 | 25,84 |
| CaO . . . . .                            | 11,29 | 11,39 | 11,20 | 11,92 | 11,65 | 8,54  | 7,81  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,33  | 2,28  | 2,10  | 2,52  | 3,16  | 1,54  | 1,70  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,32  | 0,25  | 0,25  | 0,32  | 0,37  | 0,24  | 0,29  |



| N | Gestein                         | Ort  | Lagerung      | L     | M     | Q     | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|---|---------------------------------|--|---------------|-------|-------|-------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 1 | Andesin-<br>basalt,<br>Pahoehoe | Weg am Nordhang<br>Mauna Loa                 | 1859          | 37,36 | 55,12 | 7,52  | 2,65 | 4,04 | 0,32             | 12,05 | 7,25  | 7,50 | 1,52 | Washington |
| 2 | Andesin-<br>basalt,<br>Pahoehoe | Bei Hilo, Mauna Loa                          | 1880—81       | 40,24 | 51,86 | 7,90  | 2,53 | 5,00 | 0,25             | 11,64 | 6,39  | 7,01 | 1,78 | "          |
| 3 | Andesin-<br>basalt, Aa          | Mauna Loa                                    | 1887          | 38,44 | 51,54 | 10,02 | 2,35 | 4,91 | 0,25             | 11,52 | 6,29  | 7,07 | 1,78 | "          |
| 4 | Andesin-<br>basalt, Aa          | Alika-Strom, Mauna Loa                       | 1919          | 40,60 | 53,22 | 6,18  | 2,84 | 4,47 | 0,32             | 11,16 | 7,45  | 7,18 | 1,64 | "          |
| 5 | Olivinligno-<br>klasbasalt      | City of Refuge, Honaunaa,<br>Kona, Mauna Loa |               | 34,68 | 71,64 | —6,32 | 3,53 | 1,61 | 0,37             | 18,15 | 10,04 | 6,58 | 2,10 | "          |
| 6 | Pikritbasalt                    | Mauna Loa                                    | Strom<br>1852 | 31,56 | 75,92 | —7,48 | 1,78 | 4,33 | 0,24             | 25,80 | 4,21  | 7,12 | 1,66 | Steiger    |
| 7 | Pikritbasalt                    | Mauna Loa                                    | Strom<br>1868 | 29,56 | 77,52 | —7,08 | 1,99 | 3,41 | 0,29             | 25,84 | 4,40  | 8,05 | 0,94 | Washington |

Literatur: H. S. Washington, Am. Journ. Sc. 6, 1923, S. 100.



## Hawai-Inseln V. Kilauea. Alte Laven, rezente Laven.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3     | 4      | 5      | 6   | 7      | 8   | 9  | 10   | 11    | 12     | 13    |
|--|--------|--------|-------|--------|--------|---|--------|---|--|--|-------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 51,06  | 51,77  | 50,53 | 50,46  | 50,03  | 46,59   | 46,50  | 47,25   | 50,07  | 49,74  | 50,32 | 50,63  | 49,21 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 3,59   | 4,01   | 3,68  | 2,14   | 2,57   | 1,83  | 1,70   | 1,61  | 2,70   | 2,49   | 3,10  | 3,33   | 2,75  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,22   | 0,26   | 0,20  | 0,19   | 0,21   | 0,11  | 0,10   | 0,21  | 0,26   | 0,41   | 0,30  | 0,33   | 0,21  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,91  | 13,54  | 13,61 | 12,75  | 12,10  | 7,69  | 9,37   | 9,07  | 13,32  | 12,36  | 12,83 | 13,08  | 12,93 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,33   | 0,75   | 1,69  | 0,82   | 2,10   | 2,20  | 2,47   | 1,45  | 1,92   | 1,64   | 1,74  | 1,09   | 1,76  |
| FeO . . . . .                            | 9,63   | 9,63   | 9,30  | 10,68  | 9,97   | 10,46   | 10,79  | 10,41   | 9,28   | 10,08  | 9,93  | 10,10  | 9,28  |
| MnO . . . . .                            | 0,16   | 0,15   | 0,13  | 0,18   | 0,16   | 0,18  | 0,11   | 0,13  | 0,16   | 0,14   | 0,10  | 0,12   | 0,08  |
| MgO . . . . .                            | 8,09   | 7,33   | 7,01  | 9,68   | 9,57   | 21,79   | 21,00  | 19,96   | 8,01   | 8,83   | 7,39  | 7,44   | 7,42  |
| CaO . . . . .                            | 11,03  | 10,57  | 10,75 | 10,43  | 10,58  | 7,41  | 6,25   | 7,88  | 10,64  | 10,88  | 11,06 | 11,38  | 11,27 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 1,92   | 2,18   | 2,16  | 2,42   | 2,01   | 1,33  | 1,52   | 1,38  | 2,16   | 2,45   | 2,36  | 2,64   | 2,64  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,43   | 0,45   | 0,35  | 0,51   | 0,44   | 0,28  | 0,22   | 0,35  | 0,45   | 0,55   | 0,41  | 0,47   | 0,59  |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,16   | 0,16   | 0,27  | 0,15   | 0,32   | 0,37  | 0,14   | 0,04  | 0,49   | 0,17   | 0,33  | 0,15   | 0,74  |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,06   | 0,05   | 0,07  | 0,10   | 0,16   | 0,04  | 0,03   | 0,08  | 0,22   | 0,05   | 0,05  | 0,08   | 0,08  |
| Sonstige Bestandteile                    | —      | —      | —     | —      | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,13<br>NiO 0,12 | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,12<br>NiO 0,09 | Cl 0,08<br>S 0,11<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,05<br>NiO 0,04 | Cl 0,10<br>S 0,04<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,04<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,02 | —     | —      | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,59 | 100,85 | 99,75 | 100,51 | 100,22 | 100,53  | 100,20 | 100,03  | 99,96  | 100,12   | 99,98 | 100,56 | 99,96 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 3,009  | 2,896  | 2,819 | 3,043  | —      | 3,001   | 3,031  | 3,066   | —  | 2,851  | 2,956 | 2,859  | 2,850 |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 53,00 | 53,86 | 53,55 | 51,77 | 51,98 | 44,66 | 45,04 | 45,78 | 52,92 | 51,83 | 53,04 | 52,72 | 52,28 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 2,81  | 3,13  | 2,94  | 1,67  | 2,00  | 1,33  | 1,23  | 1,17  | 2,17  | 1,95  | 2,48  | 2,64  | 2,18  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,13  | 0,13  | 0,06  | 0,06  | 0,13  | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,13  | 0,19  | 0,13  | 0,13  | 0,58  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 7,88  | 8,34  | 8,50  | 7,73  | 7,39  | 4,33  | 5,37  | 5,20  | 8,29  | 7,61  | 8,01  | 8,04  | 8,14  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,50  | 0,31  | 0,70  | 0,31  | 0,81  | 0,81  | 0,93  | 0,53  | 0,77  | 0,63  | 0,70  | 0,44  | 0,70  |
| FeO . . . . .                            | 8,39  | 8,40  | 8,24  | 9,21  | 8,70  | 8,43  | 8,76  | 8,47  | 8,23  | 8,80  | 8,77  | 8,85  | 8,26  |
| MnO . . . . .                            | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,19  | 0,13  | 0,17  | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,13  | 0,06  | 0,13  | 0,06  |
| MgO . . . . .                            | 12,58 | 11,41 | 11,12 | 14,84 | 14,84 | 31,20 | 30,43 | 28,91 | 12,69 | 13,78 | 11,63 | 11,61 | 11,79 |
| CaO . . . . .                            | 12,33 | 11,79 | 12,27 | 11,50 | 11,71 | 7,63  | 6,48  | 8,24  | 12,12 | 12,19 | 12,74 | 12,74 | 12,88 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 1,94  | 2,19  | 2,24  | 2,41  | 2,00  | 1,21  | 1,46  | 1,29  | 2,23  | 2,51  | 2,41  | 2,39  | 2,75  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,31  | 0,31  | 0,25  | 0,31  | 0,31  | 0,17  | 0,12  | 0,23  | 0,32  | 0,38  | 0,25  | 0,31  | 0,38  |



| N  | Gestein                              | Ort                                       | Lage-<br>rung  | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|--------------------------------------|---|----------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 1  | Labradorit-<br>basalt                | Strom im Kraterwall,<br>Kilauea           |                | 40,52 | 55,60 | 3,88   | 2,25 | 5,63 | 0,31             | 12,58 | 6,70 | 8,02 | 1,00 | Washington |
| 2  | Labradorit-<br>basalt                | Gang im Kraterwall,<br>Kilauea            |                | 43,36 | 51,78 | 4,86   | 2,50 | 5,84 | 0,31             | 11,41 | 5,95 | 8,22 | 0,62 | "          |
| 3  | Labradorit-<br>basalt                | Apophyse vom Gang,<br>Kilauea             |                | 43,96 | 51,50 | 4,54   | 2,49 | 6,01 | 0,25             | 11,12 | 6,26 | 7,67 | 1,40 | "          |
| 4  | Olivinbasalt<br>im Tuff              | Block SW Halemaumau                       |                | 41,80 | 61,46 | —3,26  | 2,72 | 5,01 | 0,31             | 14,84 | 6,49 | 9,09 | 0,62 | "          |
| 5  | Olivinbasalt                         | Block bei Uwekahuna,<br>Kilauea           | 1780?          | 38,80 | 60,60 | 0,60   | 2,31 | 5,08 | 0,31             | 14,84 | 6,63 | 8,02 | 1,62 | Steiger    |
| 6  | Pikritbasalt                         | Unter-Uwekahuna, Krater-<br>wall, Kilauea |                | 22,84 | 88,96 | —11,80 | 1,38 | 2,95 | 0,17             | 31,20 | 4,68 | 7,79 | 1,62 | "          |
| 7  | "                                    | West-Kamakaia, Kau-<br>wüste, Kilauea     | Alter<br>Strom | 27,80 | 84,00 | —11,80 | 1,58 | 3,79 | 0,12             | 30,43 | 2,69 | 7,95 | 1,86 | Washington |
| 8  | "                                    | Nanawale, Puna, Kilauea                   | Strom 1840     | 26,88 | 84,12 | —11,00 | 1,52 | 3,68 | 0,23             | 28,91 | 4,56 | 8,06 | 1,06 | Steiger    |
| 9  | Labradorit-<br>basalt,<br>Pahoehoe   | Kraterboden Kilauea                       | Lava 1894?     | 43,36 | 54,84 | 1,80   | 2,55 | 5,74 | 0,32             | 12,68 | 6,38 | 7,59 | 1,54 | Ferguson   |
| 10 | Labradorit-<br>basalt                | Aus dem Krater geschöpft,<br>Kilauea      | Lava 1911      | 42,00 | 60,36 | —2,36  | 2,89 | 4,72 | 0,38             | 13,78 | 7,47 | 8,30 | 1,26 | "          |
| 11 | Labradorit-<br>basalt, Aa            | Mauna Iki, Kilauea                        | Strom<br>1920  | 42,68 | 55,26 | 2,06   | 2,66 | 5,35 | 0,25             | 11,63 | 7,17 | 8,13 | 1,40 | Washington |
| 12 | Labradorit-<br>basalt,<br>Pahoehoe   | Mauna Iki, Kilauea                        | Strom<br>1920  | 42,96 | 55,98 | 1,06   | 2,70 | 5,34 | 0,31             | 11,61 | 7,40 | 8,54 | 0,88 | "          |
| 13 | Labradorit-<br>basalt,<br>Pelés Haar | 4 km SW Halemaumau,<br>Kilauea            | 1920           | 45,08 | 55,96 | —1,04  | 3,13 | 5,01 | 0,38             | 11,79 | 7,87 | 7,62 | 1,40 | "          |

Literatur: Washington, Am. Journ. Sc. 6, 1923, S. 342, 346, 351.



## Hawai-Inseln Va, Fortsetzung. Kilauea.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 48,71  | 45,61  | 49,45 | 47,63 | 49,80 | 49,20 | 48,82 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,81   | 1,15   | Sp.   | 0,12  | 0,95  | 1,72  | 1,16  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | Sp.    | 0,72   | 0,16  | 0,08  | 0,22  | 0,42  | Sp.   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 18,87  | 15,98  | 13,97 | 15,02 | 13,76 | 14,90 | 15,22 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,18   | 8,25   | 8,10  | 8,15  | 3,09  | 4,51  | 5,72  |
| FeO . . . . .                            | 8,00   | 11,60  | 11,17 | 10,40 | 11,97 | 12,57 | 9,65  |
| MnO . . . . .                            | Sp.    | 1,20   | 0,85  | 0,80  | 0,10  | 0,28  | 0,67  |
| MgO . . . . .                            | 4,85   | 3,75   | 1,90  | 3,50  | 5,02  | 3,90  | 4,55  |
| CaO . . . . .                            | 9,87   | 6,42   | 5,92  | 6,87  | 10,25 | 9,20  | 10,40 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,15   | 3,50   | 5,05  | 4,92  | 3,00  | 1,96  | 2,10  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,52   | 1,82   | 1,75  | 1,80  | 1,15  | 0,95  | 0,90  |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | —      | 0,27   | 1,19  | 0,30  | Sp.   | 0,10  | —     |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | —      | —      | —     | —     | —     | —     | —     |
| Sonstige Bestandteile . . . . .          | —      | —      | —     | —     | —     | —     | —     |
| Sa. . . . .                              | 100,96 | 100,27 | 99,51 | 99,59 | 99,31 | 99,71 | 99,19 |
| Spez. Gew. . . . .                       | 2,99   | —      | 2,74  | 2,76  | —     | —     | 3,01  |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 53,00 | 52,44 | 57,43 | 54,44 | 54,04 | 54,55 | 54,19 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,50  | 0,97  | —     | 0,14  | 0,78  | 1,40  | 1,00  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | —     | 0,35  | 0,07  | —     | 0,13  | 0,20  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,08 | 10,84 | 9,55  | 10,08 | 8,79  | 9,71  | 9,92  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,31  | 3,59  | 3,55  | 3,50  | 1,24  | 1,86  | 2,40  |
| FeO . . . . .                            | 7,25  | 11,11 | 10,87 | 9,88  | 10,87 | 11,78 | 8,92  |
| MnO . . . . .                            | —     | 1,17  | 0,84  | 0,75  | 0,07  | 0,27  | 0,67  |
| MgO . . . . .                            | 7,90  | 6,49  | 3,34  | 6,04  | 8,20  | 6,52  | 7,59  |
| CaO . . . . .                            | 11,55 | 7,87  | 7,32  | 8,45  | 11,91 | 10,91 | 12,38 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 4,37  | 3,86  | 5,71  | 5,42  | 3,12  | 2,13  | 2,26  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,04  | 1,31  | 1,32  | 1,30  | 0,85  | 0,67  | 0,67  |



| N | Gestein | Ort                    | Lage-<br>rung | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | FeO   | Mt   | Analytiker  |
|---|---------|------------------------|---------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|------|------|-------|------|---|
| 1 | Basalt  | Kraterwall, Kilauea    |               | 69,96 | 40,06 | -10,02 | 5,41 | 6,67 | 1,04             | 7,90 | 4,88 | 5,94  | 2,62 | O. Silvestri,<br>Bol. Com. Geol.<br>It. XIX. 1888,<br>S. 135, 141, 173,<br>178, 181, 185, 187 |
| 2 | "       | "                      |               | 64,04 | 41,94 | -5,98  | 5,17 | 5,67 | 1,31             | 6,49 | 2,20 | 8,69  | 7,18 |   |
| 3 | "       | "                      |               | 66,32 | 39,70 | -6,02  | 7,03 | 2,52 | 1,32             | 3,34 | 4,80 | 8,16  | 7,10 |   |
| 4 | "       | "                      |               | 67,20 | 43,52 | -10,72 | 6,72 | 3,36 | 1,30             | 6,04 | 5,09 | 7,13  | 7,00 |   |
| 5 | "       | Krater Kilauea         |               | 51,04 | 52,46 | -3,50  | 3,97 | 4,82 | 0,85             | 8,20 | 7,09 | 9,70  | 2,48 |   |
| 6 | "       | Lava Mai 1883, Kilauea |               | 50,04 | 45,14 | 4,82   | 2,80 | 6,91 | 0,67             | 6,52 | 4,00 | 10,19 | 3,72 |   |
| 7 | "       | Krater Kilauea         |               | 51,40 | 45,14 | 3,46   | 2,93 | 6,99 | 0,67             | 7,59 | 5,39 | 7,19  | 4,80 |   |



## Hawai-Inseln VI. Maui.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2      | 3     | 4      | 5                                 | 6                    | 7  | 8      | 9      | 10    | 11    |
|--|-------|--------|-------|--------|-----------------------------------|----------------------|--|--------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 48,95 | 47,72  | 48,53 | 59,74  | 61,69                             | 51,26                | 49,55  | 48,04  | 47,03  | 45,46 | 43,50 |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 2,44  | 1,81   | 3,72  | 1,02   | 0,67                              | 2,57                 | 2,09   | 3,27   | 4,60   | 5,10  | 4,84  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,14  | 0,15   | Sp.   | 0,26   | 0,05                              | 0,81                 | 1,10   | 0,88   | 0,42   | 0,51  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 11,11 | 15,44  | 14,26 | 18,86  | 17,33                             | 16,74                | 17,78  | 17,95  | 15,57  | 16,18 | 15,27 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 2,67  | 0,23   | 2,84  | 1,94   | 5,30                              | 2,92                 | 4,65   | 4,28   | 3,22   | 4,40  | 2,74  |
| FeO . . . .                            | 7,98  | 9,52   | 9,10  | 3,75   | 0,07                              | 7,11                 | 5,89   | 7,21   | 8,63   | 7,38  | 9,91  |
| MnO . . . .                            | 0,16  | 0,16   | 5,11  | 0,13   | 0,21                              | 0,23                 | 0,28   | 0,18   | 0,24   | 0,14  | 0,14  |
| MgO . . . .                            | 11,88 | 11,31  | 5,01  | 0,90   | 0,16                              | 2,80                 | 2,49   | 2,79   | 4,29   | 4,07  | 7,85  |
| CaO . . . .                            | 10,86 | 10,23  | 11,62 | 3,00   | 1,05                              | 6,61                 | 7,01   | 7,52   | 8,67   | 8,56  | 9,71  |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 2,38  | 2,31   | 2,60  | 7,33   | 7,47                              | 5,86                 | 6,12   | 5,55   | 4,88   | 6,06  | 3,80  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 0,27  | 0,63   | 0,66  | 2,89   | 3,47                              | 2,21                 | 2,29   | 1,91   | 1,84   | 1,82  | 1,39  |
| H <sub>2</sub> O + . . . .             | 0,31  | 0,46   | 1,09  | 0,12   | 1,93                              | 0,42                 | 0,34   | 0,14   | 0,67   | 0,06  | 0,31  |
| H <sub>2</sub> O — . . . .             | 0,61  | 0,05   | 0,07  | 0,26   | 0,42                              | 0,26                 | 0,29   | 0,08   | 0,11   | 0,03  | 0,06  |
| Sonst. Bestandteile                    | —     | —      | —     | —      | ZrO <sub>2</sub> 0,16<br>BaO 0,07 | BaO 0,10<br>SrO 0,09 | ZrO <sub>2</sub> 0,01<br>BaO 0,05<br>SrO 0,08<br>FeS <sub>2</sub> 0,03<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,02 | —      | —      | —     | —     |
| Summe                                  | 99,76 | 100,02 | 99,61 | 100,20 | 100,05                            | 99,99                | 100,07   | 100,01 | 100,16 | 99,87 | 99,52 |
| Spez. Gew.                             |       | 3,065  | 2,972 | 2,680  | 2,577                             |                      |  | 2,836  | 2,788  | 2,718 | 2,929 |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . .               | 50,34 | 49,17 | 53,03 | 67,05 | 72,09 | 57,50 | 56,23 | 53,78 | 52,14 | 50,76 | 47,10 |
| TiO <sub>2</sub> . . . .               | 1,92  | 1,43  | 3,03  | 0,88  | 0,56  | 2,17  | 1,78  | 2,77  | 3,81  | 4,31  | 3,92  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .  | 0,06  | 0,06  | —     | 0,14  | —     | 0,41  | 0,55  | 0,40  | 0,20  | 0,27  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 6,76  | 9,38  | 9,22  | 12,52 | 11,98 | 11,10 | 11,90 | 11,88 | 10,16 | 10,64 | 9,73  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . | 1,05  | 0,06  | 1,19  | 0,81  | 2,33  | 1,22  | 1,98  | 1,82  | 1,34  | 1,89  | 1,11  |
| FeO . . . .                            | 6,88  | 8,27  | 8,37  | 3,52  | 0,07  | 6,70  | 5,61  | 6,75  | 8,09  | 6,94  | 9,01  |
| MnO . . . .                            | 0,12  | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,21  | 0,20  | 0,27  | 0,40  | 0,20  | 0,20  | 0,13  |
| MgO . . . .                            | 18,29 | 17,46 | 8,17  | 1,49  | 0,28  | 4,67  | 4,24  | 4,66  | 7,08  | 6,80  | 12,74 |
| CaO . . . .                            | 12,03 | 11,31 | 13,64 | 3,38  | 1,34  | 7,98  | 8,55  | 9,04  | 10,36 | 10,31 | 11,30 |
| Na <sub>2</sub> O . . . .              | 2,36  | 2,30  | 2,77  | 7,98  | 8,53  | 6,43  | 6,77  | 7,15  | 5,28  | 6,60  | 3,98  |
| K <sub>2</sub> O . . . .               | 0,19  | 0,44  | 0,46  | 2,10  | 2,61  | 1,62  | 2,12  | 1,35  | 1,34  | 1,28  | 0,98  |



| N  | Gestein            | Ort   | Lagerung         | L     | M     | Q      | A     | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|--------------------|---|------------------|-------|-------|--------|-------|------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 1  | Gabbro             | Jao Valley, Vulkan Kukui, Maui                        | Herz des Vulkans | 37,24 | 66,22 | -3,46  | 2,55  | 4,21 | 0,19             | 18,29 | 7,82 | 5,95 | 2,10 | Keyes      |
| 2  | Olivinbasalt       | Jao Valley, Kukui Vulkan, Maui                        |                  | 48,48 | 61,04 | -9,52  | 2,74  | 6,64 | 0,44             | 17,46 | 4,67 | 8,33 | 0,12 | "          |
| 3  | Andesinbasalt      | Jao Valley, Kukui Vulkan, Maui                        |                  | 49,80 | 48,62 | 1,58   | 3,23  | 5,99 | 0,46             | 8,17  | 7,65 | 7,30 | 2,38 | "          |
| 4  | Oligoklasandesit   | Jao Valley, Kukui Vulkan, Maui                        | } End-phase      | 90,40 | 12,16 | -2,56  | 10,08 | 2,44 | 2,10             | 1,49  | 0,94 | 2,84 | 1,62 | Washington |
| 5  | Anorthoklastrachyt | Launipoko Hill, Kukui Vulkan, Maui                    |                  | 92,48 | 4,17  | 3,35   | 11,14 | 0,84 | 2,61             | 0,28  | 0,50 | —    | 2,61 | Steiger    |
| 6  | Oligoklasandesit   | Am Vieira Ranch, Südhang Pukalele, Haleakala          |                  | 76,60 | 33,00 | -9,60  | 8,05  | 3,05 | 1,62             | 4,67  | 4,93 | 5,68 | 2,44 | Steiger    |
| 7  | Andesinandesit     | Gipfel White Hill, Haleakala                          |                  | 83,16 | 31,32 | -14,48 | 8,89  | 3,01 | 2,12             | 4,24  | 5,54 | 3,90 | 3,96 | Hillebrand |
| 8  | Andesinandesit     | Gipfel Rest House Haleakala                           |                  | 81,52 | 34,94 | -16,46 | 8,50  | 3,38 | 1,35             | 4,66  | 5,66 | 5,33 | 3,64 | Keyes      |
| 9  | Nephelinbasalt     | 2 miles über Olinda, Nordhang Haleakala               |                  | 67,12 | 44,38 | -11,50 | 6,62  | 3,54 | 1,34             | 7,08  | 6,82 | 6,95 | 2,68 | "          |
| 10 | Nephelinbasalt     | 3 miles vom Rest House, Olindaweg, Nordhang Haleakala |                  | 74,08 | 42,98 | -17,06 | 7,88  | 2,76 | 1,28             | 6,80  | 7,55 | 5,25 | 3,78 | "          |
| 11 | Nephelinbasalt     | Rest House, Gipfel Haleakala                          |                  | 58,76 | 56,82 | -15,58 | 4,96  | 4,77 | 0,98             | 12,74 | 6,53 | 8,03 | 2,22 | "          |

Literatur: H. S. Washington, M. Keyes, Am. Journ. Sc. 15, 1928, S. 203, 211, 214.



## Hawai-Inseln VII. Maui, Niihau-Insel, Kauai.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 15    | 16    | 17  | 18  | 19    | 20     | 21    | 22  | 23     | 24    | 25                 | 26  | 27   | 28  |   |
|--------------------------------------|-------|-------|---|---|-------|--------|-------|---|--------|-------|--------------------|---|--|---|---|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 43,43 | 41,89 | 42,99   | 43,28   | 43,46 | 49,73  | 46,44 | 46,86   | 46,36  | 45,81 | 48,99              | 45,48   | 37,50  | 40,56   |   |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 5,81  | 4,68  | 2,52  | 4,12  | 2,21  | 2,21   | 2,11  | 1,67  | 1,31   | 4,05  | 1,73               | 1,90  | 3,21   | 2,73  |   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,26  | 0,15  | 0,29  | 0,31  | 0,48  | 0,22   | 0,21  | 0,20  | 0,19   | 2,20  | 0,13               | 0,25  | 0,90   | 0,82  |   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 12,01 | 14,41 | 10,21   | 14,43   | 15,34 | 14,56  | 16,21 | 14,78   | 14,77  | 11,90 | 13,73              | 11,87   | 9,12   | 8,81  |   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 4,23  | 7,32  | 3,01  | 0,70  | 1,46  | 3,60   | 1,98  | 1,78  | 2,13   | 4,62  | 1,60               | 1,98  | 5,59   | 5,89  |   |
| FeO . . .                            | 10,38 | 8,26  | 10,28   | 10,92   | 8,17  | 8,55   | 7,85  | 9,85  | 8,82   | 8,09  | 10,46              | 9,87  | 8,81   | 8,23  |   |
| MnO . . .                            | 0,22  | 0,16  | 0,17  | 0,13  | 0,16  | 0,11   | 0,21  | 0,15  | 0,14   | 0,17  | 0,20               | 0,16  | 0,15   | 0,15  |   |
| MgO . . .                            | 6,37  | 6,73  | 14,61   | 11,68   | 12,60 | 6,89   | 9,45  | 9,93  | 12,42  | 5,39  | 13,53              | 13,28   | 13,72  | 16,33   |   |
| CaO . . .                            | 10,84 | 11,69 | 12,54   | 11,22   | 11,39 | 9,66   | 11,21 | 10,98   | 10,84  | 10,67 | 7,34               | 10,97   | 13,85  | 11,77   |   |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 3,78  | 2,68  | 1,40  | 2,49  | 2,61  | 2,25   | 2,52  | 2,88  | 2,16   | 4,28  | 1,62               | 2,21  | 2,69   | 3,13  |   |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 1,36  | 0,94  | 0,52  | 0,83  | 0,69  | 0,62   | 0,48  | 0,40  | 0,53   | 1,40  | 0,27               | 0,77  | 0,63   | 1,19  |   |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 0,72  | 0,47  | 1,10  | 0,05  | 0,59  | 1,24   | 0,54  | 0,13  | 0,57   | 0,53  | 0,27               | 0,74  | 2,35   | 0,27  |   |
| H <sub>2</sub> O - . . .             | 0,39  | 0,09  | 0,82  | 0,03  | 0,47  | 0,71   | 0,10  | 0,16  | 0,12   | 0,47  | 0,10               | 0,23  | 1,05   | 0,06  |   |
| Sonstige Bestandteile                | —     | —     | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,06<br>NiO 0,06 | SO <sub>2</sub> 0,20<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,10<br>BaO 0,05 | —     | —      | —     | S 0,11<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,07 | —      | —     | S 0,03<br>BaO 0,04 | CO <sub>2</sub> 0,24<br>S 0,04<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,02<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,06<br>NiO 0,05 | FeS <sub>2</sub> 0,03<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,08<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,03<br>NiO 0,04<br>BaO 0,04 | CO <sub>2</sub> 0,27<br>ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>Cl 0,05<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,07<br>V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,05<br>NiO 0,04<br>BaO 0,07<br>SrO 0,05 | — |
| Sa. . . .                            | 99,80 | 99,47 | 100,58  | 100,54  | 99,63 | 100,35 | 99,49 | 99,77   | 100,36 | 99,65 | 100,38             | 99,93   | 100,19   | 99,94   |   |
| Spez. Gew.                           | 2,924 | 3,067 | —   | —   | —     | —      | —     | —   | —      | —     | —                  | —   | —  | —   |   |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 47,56 | 46,77 | 43,86 | 44,63 | 45,29 | 53,98 | 49,32 | 49,06 | 47,75 | 50,97 | 50,12 | 45,88 | 40,12 | 41,20 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 4,82  | 3,90  | 1,97  | 3,17  | 1,76  | 1,83  | 1,67  | 1,33  | 0,99  | 3,40  | 1,35  | 1,48  | 2,57  | 2,08  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,13  | 0,07  | 0,12  | 0,12  | 0,19  | 0,13  | 0,13  | 0,06  | 0,06  | 1,00  | 0,06  | 0,12  | 0,38  | 0,37  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 7,79  | 9,10  | 6,15  | 8,76  | 9,42  | 9,36  | 10,19 | 9,15  | 9,00  | 7,81  | 8,22  | 7,20  | 5,71  | 5,27  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,78  | 3,10  | 1,17  | 0,25  | 0,57  | 1,51  | 0,77  | 0,69  | 0,81  | 1,93  | 0,61  | 0,80  | 2,25  | 2,27  |
| FeO . . .                            | 9,58  | 7,74  | 8,79  | 9,45  | 7,16  | 7,79  | 6,98  | 8,65  | 7,63  | 1,97  | 8,90  | 8,44  | 7,83  | 7,05  |
| MnO . . .                            | 0,20  | 0,13  | 0,12  | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,19  | 0,13  | 0,12  | 0,13  | 0,18  | 0,12  | 0,13  | 0,12  |
| MgO . . .                            | 10,44 | 11,24 | 22,26 | 18,02 | 19,66 | 11,26 | 12,81 | 15,53 | 19,12 | 9,01  | 20,74 | 20,44 | 22,02 | 4,83  |
| CaO . . .                            | 12,75 | 14,00 | 13,78 | 12,43 | 12,75 | 11,26 | 12,81 | 12,37 | 11,98 | 12,68 | 8,04  | 12,07 | 15,85 | 12,88 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 4,03  | 2,89  | 1,41  | 2,49  | 2,64  | 2,36  | 2,63  | 2,78  | 2,17  | 4,60  | 1,60  | 2,16  | 2,76  | 3,13  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,92  | 0,57  | 0,37  | 0,56  | 0,44  | 0,46  | 0,32  | 0,25  | 0,37  | 1,00  | 0,18  | 0,49  | 0,38  | 0,80  |



| N  | Gestein                          | Ort   | Lage-<br>rung    | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|----------------------------------|---|------------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 15 | Nephelin-<br>basalt              | Red Hill-Gipfel,<br>Haleakala                 | Jüngste<br>Laven | 50,96 | 60,26 | -11,22 | 4,95 | 2,84 | 0,92             | 10,44 | 9,91  | 8,00 | 3,56 | Keyes      |
| 16 | Nephelin-<br>basalt              | Rest House-Gipfel,<br>Haleakala               |                  | 52,20 | 54,36 | -6,56  | 3,56 | 5,93 | 0,67             | 11,24 | 8,07  | 4,77 | 6,20 | "          |
| 17 | Pikritbasalt                     | Namaunakeakua-Kegel,<br>Kraterboden Haleakala |                  | 31,72 | 81,16 | -12,88 | 1,78 | 4,37 | 0,37             | 22,26 | 9,41  | 7,74 | 2,34 | Steiger    |
| 18 | Limburgit                        | Pimoe Cone, Haleakala,<br>Lava 1750           |                  | 47,24 | 68,62 | -15,86 | 3,05 | 5,71 | 0,56             | 18,02 | 6,72  | 9,32 | 0,50 | "          |
| 19 | Limburgit                        | Nonopapa Landing,<br>Niuhau Island            |                  | 50,00 | 66,70 | -16,70 | 3,08 | 6,34 | 0,44             | 19,66 | 6,41  | 6,71 | 1,14 | Keyes      |
| 20 | Andesinbasalt                    | Keanahui Valley, Kao<br>Cone, Niuhau Island   |                  | 48,72 | 47,66 | 3,62   | 2,82 | 6,54 | 0,46             | 11,19 | 4,72  | 6,41 | 3,02 | "          |
| 21 | Olivin-<br>labradorit-<br>basalt | Kalaalaui Valley, Kao<br>Cone, Niuhau Island  |                  | 52,56 | 55,46 | -8,02  | 2,95 | 7,24 | 0,32             | 14,99 | 5,57  | 6,40 | 1,54 | "          |
| 22 | Olivin-<br>labradorit-<br>basalt | Puuwai Cone, Niuhau<br>Island                 |                  | 48,72 | 61,12 | -9,84  | 3,03 | 6,12 | 0,25             | 15,53 | 6,25  | 8,09 | 1,38 | "          |
| 23 | Olivin-<br>labradorit-<br>basalt | Nonpapa Cone, Niuhau<br>Island                |                  | 49,16 | 64,78 | -10,94 | 2,54 | 6,46 | 0,37             | 19,12 | 5,52  | 6,94 | 1,62 | "          |
| 24 | Gabbro<br>(Kauit)                | Waimea Canyon, Kauai                          |                  | 53,64 | 54,16 | -7,80  | 5,60 | 2,21 | 1,00             | 9,01  | 10,47 | 5,67 | 3,86 | Schaller   |
| 25 | Basalt                           | Olokele Canyon, Kauai                         |                  | 40,00 | 62,84 | -2,84  | 1,78 | 6,44 | 0,18             | 20,74 | 1,60  | 8,47 | 1,22 | "          |
| 26 | Basalt<br>(Pikritbasalt)         | Makawele Canyon, Kauai                        |                  | 39,40 | 73,04 | -12,44 | 2,65 | 4,55 | 0,49             | 20,44 | 7,52  | 7,76 | 1,60 | Hillebrand |
| 27 | Nephelin-<br>melitbasalt         | Kilauea Bay, Kauai                            |                  | 35,40 | 86,52 | -21,92 | 3,14 | 2,57 | 0,38             | 22,02 | 13,28 | 5,71 | 4,50 | "          |
| 28 | Pikritbasalt                     | Libue, Kauai                                  |                  | 36,80 | 87,08 | -23,88 | 3,93 | 1,34 | 0,80             | 24,83 | 11,54 | 4,90 | 4,54 | Washington |

Literatur: H. Washington, M. Keyes, Am. Journ. Sc. 12, 1926, S. 339.



## Hawai-Inseln VIII. Lenai, Molokai, Oahu.

## A. Gewichtsprocente.

|                                     | 1     | 2      | 3  | 4  | 5  | 6      | 7                              | 8                              | 9                              | 10   | 11   | 12  |
|-------------------------------------|-------|--------|--|--|--|--------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|---|
| SiO <sub>2</sub> . . .              | 51,35 | 46,39  | 46,30                                      | 51,63                                      | 49,88                                      | 50,80  | 36,34                          | 36,85                          | 35,86                          | 47,44  | 40,11  | 37,82   |
| TiO <sub>2</sub> . . .              | 1,89  | 4,44   | 5,35                                       | 2,47                                       | 3,97                                       | 2,55   | 2,87                           | 4,05                           | 2,90                           | —  | —  | —   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . | 0,28  | 0,47   | 0,53                                       | 0,26                                       | 0,26                                       | 0,32   | 1,02                           | 1,25                           | 1,08                           | 0,61   | 0,57   | 0,82  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 15,60 | 18,97  | 17,95                                      | 12,10                                      | 13,79                                      | 14,42  | 10,14                          | 11,97                          | 12,10                          | 16,51  | 12,40  | 13,16   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .  | 1,34  | 1,85   | 6,21                                       | 8,67                                       | 9,65                                       | 2,83   | 6,53                           | 13,90                          | 7,82                           | 15,33  | 14,64  | 14,11   |
| FeO . . .                           | 8,50  | 8,12   | 6,79                                       | 3,10                                       | 2,61                                       | 8,53   | 10,66                          | 6,54                           | 8,09                           | 3,19   | Sp.  | 0,14  |
| MnO . . .                           | —     | 0,17   | 0,26                                       | 0,30                                       | 0,67                                       | 0,09   | 0,20                           | 1,13                           | 0,39                           | 0,37   | 0,25   | 0,24  |
| MgO . . .                           | 6,70  | 4,08   | 3,67                                       | 9,40                                       | 6,12                                       | 6,88   | 10,68                          | 10,73                          | 9,72                           | 8,80   | 11,65  | 11,75   |
| CaO . . .                           | 10,40 | 10,99  | 8,17                                       | 9,17                                       | 9,59                                       | 10,58  | 13,10                          | 9,00                           | 12,08                          | 6,02   | 12,24  | 13,39   |
| Na <sub>2</sub> O . . .             | 2,43  | 3,34   | 3,92                                       | 3,10                                       | 3,30                                       | 2,70   | 4,54                           | 4,13                           | 6,23                           | 1,60   | 2,72   | 1,66  |
| K <sub>2</sub> O . . .              | 0,64  | 0,96   | 0,89                                       | 0,30                                       | 0,17                                       | 0,30   | 1,78                           | 0,79                           | 1,93                           | 0,30   | 0,96   | 1,49  |
| H <sub>2</sub> O + . .              | 0,44  | 0,89   | —  | —  | —  | 0,31   | 1,00                           | —                              | —                              | —  | —  | —   |
| H <sub>2</sub> O . . .              | 0,09  | 0,16   | —  | —  | —  | 0,06   | 1,00                           | —                              | —                              | —  | —  | —   |
| Sonstige Bestandteile               | —     | —      | SO <sub>3</sub> 0,06<br>S 0,05<br>CuO 0,17 | SO <sub>3</sub> 0,07<br>S 0,03<br>CuO 0,48 | SO <sub>3</sub> 0,09<br>S 0,02<br>CuO 0,14 | —      | CO <sub>2</sub> 0,15<br>S 0,04 | S 0,14<br>CuO 0,04<br>CuO 0,10 | S 0,27<br>FeS 1,40<br>CuO 0,25 | CO <sub>2</sub> 0,17<br>SO <sub>3</sub> 0,06<br>CuO 0,08 | CO <sub>2</sub> 4,15<br>SO <sub>3</sub> 0,17<br>CuO 0,11 | CuO 0,07<br>CO <sub>2</sub> 5,56<br>SO <sub>3</sub> 0,15<br>FeS <sub>2</sub> 0,05 |
| Sa. . . .                           | 99,66 | 100,83 | 100,32                                     | 101,08                                     | 100,26                                     | 100,37 | 100,05                         | 100,62                         | 100,12                         | 100,48   | 99,97  | 100,41  |
| Spez. Gew.                          | 2,878 | —      | —  | —  | —  | 2,834  | —                              | —                              | —                              | —  | —  | —   |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 54,81 | 51,24 | 52,63 | 55,01 | 55,28 | 53,90 | 39,50 | 41,18 | 39,59 | 54,20 | 45,95 | 43,91 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 1,59  | 3,66  | 4,57  | 1,98  | 3,33  | 2,05  | 2,35  | 3,44  | 2,40  | —     | —     | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,13  | 0,20  | 0,27  | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,46  | 0,61  | 0,53  | 0,28  | 0,28  | 0,42  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 9,85  | 12,39 | 12,00 | 7,60  | 8,98  | 9,03  | 6,45  | 7,88  | 7,85  | 11,16 | 8,36  | 9,03  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .   | 0,51  | 0,80  | 2,66  | 3,45  | 3,99  | 1,15  | 2,67  | 5,86  | 3,26  | 6,61  | 6,36  | 6,16  |
| FeO . . .                            | 7,59  | 7,53  | 6,41  | 2,75  | 2,40  | 7,62  | 9,65  | 6,13  | 7,52  | 3,03  | —     | 0,14  |
| MnO . . .                            | —     | 0,12  | 0,27  | 0,26  | 0,67  | 0,06  | 0,20  | 1,08  | 0,40  | 3,34  | 0,28  | 0,21  |
| MgO . . .                            | 10,67 | 6,73  | 6,27  | 15,02 | 10,18 | 10,96 | 17,41 | 17,92 | 16,03 | 15,01 | 19,97 | 20,38 |
| CaO . . .                            | 11,89 | 13,06 | 9,95  | 10,42 | 11,38 | 12,10 | 15,25 | 10,85 | 14,30 | 7,37  | 15,07 | 16,74 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 2,51  | 3,60  | 4,29  | 3,19  | 3,53  | 2,82  | 4,82  | 4,51  | 6,72  | 1,79  | 3,04  | 1,89  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,45  | 0,67  | 0,68  | 0,19  | 0,13  | 0,19  | 1,24  | 0,54  | 1,40  | 0,21  | 0,69  | 1,12  |



| N  | Gestein                     | Ort                             | Lage-<br>rung | L     | M     | Q      | A    | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt    | Analytiker |
|----|-----------------------------|---------------------------------|---------------|-------|-------|--------|------|-------|------------------|-------|-------|------|-------|------------|
| 1  | Basalt                      | Lenai Island, 415 m             |               | 51,24 | 46,52 | 2,24   | 2,96 | 6,89  | 0,45             | 10,67 | 5,00  | 7,08 | 1,02  | Washington |
| 2  | Gabbro, Herz<br>des Vulkans | Wailau Valley, Molokai          |               | 66,64 | 38,64 | -5,28  | 4,27 | 8,12  | 0,67             | 6,73  | 4,94  | 6,85 | 1,60  | Keyes      |
| 3  | Basalt                      | Waianae, Oahu                   |               | 67,88 | 31,74 | 0,38   | 4,97 | 7,03  | 0,68             | 6,27  | 2,92  | 4,02 | 5,32  | Lyons      |
| 4  | "                           | " "                             |               | 43,92 | 48,90 | 7,18   | 3,38 | 4,22  | 0,19             | 15,02 | 6,20  | —    | 6,46  | "          |
| 5  | "                           | Koolan Range, Waianae,<br>Oahu  |               | 50,56 | 39,54 | 9,90   | 3,66 | 5,32  | 0,13             | 10,18 | 6,06  | —    | 7,06  | "          |
| 6  | "                           | Nuuanu Pali, Oahu               |               | 48,16 | 49,42 | 2,42   | 3,01 | 6,02  | 0,19             | 10,96 | 6,08  | 6,53 | 2,30  | Washington |
| 7  | Melilithbasalt              | Moliiichurch, Honolulu,<br>Oahu |               | 50,04 | 84,24 | -34,38 | 6,06 | 0,39  | 1,24             | 17,41 | 14,86 | 7,18 | 5,34  | Steiger    |
| 8  | Nephelin-<br>melilithbasalt | Panahou, Oahu                   |               | 51,72 | 66,30 | -18,02 | 5,05 | 2,83  | 0,54             | 17,92 | 8,02  | 1,35 | 11,72 | Lyons      |
| 9  | Nephelin-<br>melilithbasalt | " "                             |               | 62,80 | 78,12 | -40,92 | 8,12 | -0,27 | 1,40             | 16,03 | 14,30 | 4,93 | 5,98  | "          |
| 10 | Basalttuff                  | Salt Lake, Oahu                 |               | 47,27 | 40,00 | 12,73  | 2,00 | 7,37  | 0,21             | 15,01 | -1,79 | —    | 9,98  | "          |
| 11 | "                           | Diamond Head, Oahu              |               | 48,36 | 67,46 | -15,82 | 3,73 | 4,63  | 0,69             | 19,97 | 10,44 | —    | 6,64  | "          |
| 12 | "                           | Punch Bowl, Oahu                |               | 48,16 | 68,71 | -16,87 | 3,01 | 6,02  | 1,12             | 20,38 | 10,72 | —    | 6,51  | "          |

Literatur: 1, 6, Washington, Am. Journ. Sc. 5, 1923, S. 487. — 2, Washington, Am. Journ. Sc. 15, 1928, S. 203. — 3–12, A. B. Lyons, Am. Journ. Sc. 2, 1896, S. 424.

Die Lyons'schen Analysen sind an vorher entwässertem Material ausgeführt; obschon sie nicht vollkommen vergleichbare Werte liefern, sind sie in Ermangelung besserer Analysen mit zum Vergleich herangezogen.



## Hawai-Inseln IX. Lewards-Inseln.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5                                 | 6      | 7      | 8      | 9      | 10      | 11      | 12                      |
|--|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 51,28  | 50,02  | 47,34  | 45,94  | 50,95                             | 46,87  | 45,20  | 44,86  | 47,89  | 44,58   | 45,67   | 46,78                   |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 3,10   | 2,84   | 3,23   | 2,55   | 3,73                              | 3,37   | 4,50   | 3,12   | 4,81   | 2,90    | 3,15    | 2,55                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,14   | 0,16   | 0,33   | 0,25   | 0,06                              | 0,31   | 0,34   | 0,41   | 0,19   | 0,53    | 0,41    | 0,05                    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 13,03  | 15,92  | 13,85  | 10,28  | 11,45                             | 13,27  | 6,60   | 10,48  | 16,21  | 11,38   | 11,30   | 13,42                   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,72   | 2,21   | 5,38   | 3,78   | 2,96                              | 3,48   | 5,36   | 3,36   | 5,39   | 3,08    | 1,77    | 6,30                    |
| FeO . . . . .                            | 9,11   | 8,57   | 6,43   | 9,17   | 8,52                              | 8,09   | 8,01   | 9,79   | 4,99   | 6,12    | 7,99    | 6,79                    |
| MnO . . . . .                            | 0,12   | 0,15   | 0,13   | 0,15   | 0,20                              | 0,13   | 0,19   | 0,27   | 0,06   | 0,14    | 0,13    | 0,10                    |
| MgO . . . . .                            | 6,57   | 7,34   | 10,35  | 17,47  | 6,35                              | 7,61   | 18,14  | 17,25  | 3,19   | 17,30   | 15,95   | 6,58                    |
| CaO . . . . .                            | 9,85   | 9,46   | 8,65   | 7,35   | 10,16                             | 12,04  | 8,02   | 8,34   | 7,79   | 9,39    | 9,34    | 9,25                    |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,09   | 2,17   | 2,40   | 1,92   | 2,41                              | 2,83   | 1,29   | 1,54   | 7,73   | 2,21    | 1,98    | 3,26                    |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,51   | 0,43   | 0,10   | 0,61   | 0,43                              | 1,00   | 1,71   | 0,60   | 1,38   | 0,41    | 0,52    | 2,82                    |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,58   | 1,09   | 1,79   | 0,74   | 1,21                              | 1,31   | 0,65   | 0,46   | 0,62   | 0,49    | 0,76    | 3,02                    |
| H <sub>2</sub> O — . . . . .             | 0,23   | 0,16   | 0,49   | 0,34   | 0,81                              | 0,10   | 0,56   | 0,12   | 0,10   | 1,52    | 0,56    | 0,18                    |
| Sonstige Bestandteile                    | —      | —      | —      | —      | S 0,06<br>CO <sub>2</sub> n.best. | —      | —      | —      | —      | Cl 0,05 | Cl 0,09 | CO <sub>2</sub> n.best. |
| Sa. . . . .                              | 100,33 | 100,02 | 100,45 | 100,57 | 99,30                             | 100,41 | 100,57 | 100,60 | 100,35 | 100,10  | 99,62   | 99,10                   |
| Spez. Gew. . .                           |        |        |        |        |                                   |        |        |        |        |         |         |                         |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 54,56 | 53,83 | 50,98 | 46,61 | 55,30 | 50,16 | 45,33 | 44,88 | 53,79 | 45,27 | 46,30 | 53,37 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 2,50  | 1,88  | 2,60  | 1,92  | 3,00  | 2,71  | 3,39  | 2,35  | 4,07  | 2,21  | 2,39  | 2,20  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,06  | 0,06  | 0,13  | 0,12  | —     | 0,13  | 0,12  | 0,18  | 0,07  | 0,25  | 0,18  | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 8,22  | 10,12 | 8,83  | 6,05  | 7,33  | 8,39  | 3,93  | 6,21  | 10,77 | 6,80  | 6,79  | 9,01  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,09  | 0,91  | 2,21  | 1,44  | 1,24  | 1,42  | 2,06  | 1,27  | 2,30  | 1,16  | 0,67  | 2,27  |
| FeO . . . . .                            | 8,15  | 7,72  | 5,84  | 7,67  | 7,79  | 7,80  | 6,77  | 8,20  | 4,67  | 5,21  | 6,79  | 6,53  |
| MnO . . . . .                            | 0,13  | 0,13  | 0,13  | 0,12  | 0,20  | 0,13  | 0,18  | 0,24  | 0,07  | 0,12  | 0,12  | 0,07  |
| MgO . . . . .                            | 10,46 | 11,80 | 16,69 | 25,94 | 10,34 | 12,20 | 27,21 | 25,81 | 5,35  | 26,29 | 24,22 | 9,49  |
| CaO . . . . .                            | 11,30 | 10,96 | 10,00 | 7,85  | 11,85 | 13,88 | 8,65  | 8,99  | 9,42  | 10,23 | 10,21 | 11,35 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,21  | 2,27  | 2,53  | 1,86  | 2,62  | 2,97  | 1,27  | 1,51  | 8,47  | 2,21  | 1,96  | 3,65  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,82  | 0,82  | 0,06  | 0,42  | 0,33  | 0,71  | 1,09  | 0,36  | 1,02  | 0,25  | 0,37  | 2,06  |



| Nr. | Gestein          | Ort                  | Lagerung        | L     | M     | Q      | A    | C    | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO  | FeO  | Mt   | Analytiker |
|-----|------------------|----------------------|-----------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|------|------|------|------------|
| 1   | Andesinbasalt    | Nihoa-Insel          | Gang            | 47,00 | 50,70 | 2,30   | 3,53 | 4,69 | 0,32             | 10,46 | 6,61 | 7,19 | 2,18 | Keyes      |
| 2   | Labradoritbasalt | Nihoa-Insel          | Strom           | 50,84 | 46,16 | 3,00   | 2,59 | 7,53 | 0,32             | 11,80 | 3,43 | 6,94 | 1,82 | "          |
| 3   | Feldspatbasalt   | Nihoa-Insel          | Strom           | 45,68 | 52,84 | 1,48   | 2,59 | 6,24 | 0,06             | 16,69 | 3,76 | 3,76 | 4,42 | "          |
| 4   | Pikritbasalt     | Nihoa-Insel          | Strom           | 33,32 | 75,62 | —8,94  | 2,28 | 3,77 | 0,42             | 25,94 | 4,08 | 6,35 | 2,88 | "          |
| 5   | Andesinbasalt    | SW Kap Necker Island | Gang            | 41,12 | 51,60 | 7,28   | 2,95 | 4,38 | 0,33             | 10,34 | 7,47 | 6,75 | 2,48 | "          |
| 6   | Olivinbasalt     | NW Kap Necker Island | Sill.           | 48,28 | 57,60 | —5,88  | 3,68 | 4,71 | 0,71             | 12,20 | 9,17 | 6,01 | 2,84 | "          |
| 7   | Pikritbasalt     | Necker Island        | Strom           | 25,16 | 82,48 | —7,64  | 2,36 | 1,57 | 1,09             | 27,21 | 7,08 | 4,89 | 4,12 | Washington |
| 8   | Pikritbasalt     | Necker Island        | Strom           | 32,32 | 77,80 | —10,12 | 1,87 | 4,34 | 0,36             | 25,81 | 4,65 | 7,17 | 2,54 | Keyes      |
| 9   | Nephelinbasalt   | Necker Island        | Rand des Ganges | 81,04 | 36,46 | —17,50 | 9,49 | 1,28 | 1,02             | 5,35  | 8,14 | 2,44 | 4,60 | "          |
| 10  | Olivinbasalt     | La Pérouse Rock      |                 | 37,04 | 75,02 | —12,06 | 2,46 | 4,34 | 0,25             | 26,29 | 5,89 | 4,17 | 2,32 | "          |
| 11  | Olivinbasalt     | La Pérouse Rock      |                 | 36,48 | 73,76 | —10,24 | 2,33 | 4,46 | 0,37             | 24,22 | 5,75 | 6,24 | 1,34 | "          |
| 12  | Labradoritbasalt | Gardner Rock         |                 | 58,88 | 48,28 | —7,16  | 5,71 | 3,30 | 2,06             | 9,49  | 8,05 | 4,33 | 4,54 | "          |

Literatur: H. S. Washington, M. Keyes, Am. Journ. Sc. 12, 1926, S. 344, 347, 350.



## Samoa-Inseln. Tutuila, Sawaii.

## A. Gewichtsprocente.

|  | 1     | 2  | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11                               | 12   | 13                              |
|--|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|--|---------------------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 43,68 | 45,37  | 45,70 | 47,56 | 48,34 | 52,38 | 56,81 | 66,13 | 66,85 | 71,20 | 45,96                            | 43,76  | 44,17                           |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 5,30  | 4,84   | 4,96  | 1,89  | 6,50  | 2,99  | 2,28  | 0,61  | 0,70  | 0,26  | 5,50                             | 3,41   | 2,84                            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,58  | 0,29   | 0,17  | 0,59  | 0,88  | 1,25  | 0,72  | 0,08  | 0,12  | —     | Sp.                              | 0,45   | 0,24                            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 11,70 | 10,51  | 9,14  | 16,90 | 12,30 | 16,67 | 16,62 | 16,82 | 17,28 | 12,82 | 10,94                            | 11,58  | 18,91                           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,82  | 2,25   | 6,38  | 4,23  | 4,38  | 2,80  | 3,25  | 2,75  | 1,49  | 4,05  | 5,85                             | 4,39   | 8,34                            |
| FeO . . . . .                            | 9,43  | 11,35  | 6,73  | 9,08  | 8,06  | 5,68  | 4,67  | 1,69  | 0,98  | 4,08  | 6,39                             | 7,57   | 5,62                            |
| MnO . . . . .                            | 0,16  | 0,11   | 0,20  | 0,33  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | 0,10  | Sp.   | 0,06  | 0,08                             | —  | —                               |
| MgO . . . . .                            | 10,87 | 13,04  | 11,88 | 4,63  | 7,63  | 3,39  | 2,37  | 0,47  | 0,11  | 0,04  | 10,82                            | 12,97  | 4,87                            |
| CaO . . . . .                            | 11,40 | 8,63   | 9,90  | 7,26  | 6,73  | 5,58  | 4,41  | 1,44  | 1,80  | 0,50  | 9,96                             | 9,64   | 10,64                           |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,57  | 2,29   | 2,11  | 4,81  | 3,70  | 4,24  | 6,28  | 5,28  | 5,44  | 5,80  | 2,40                             | 3,03   | 1,67                            |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,63  | 0,94   | 1,22  | 1,37  | 1,76  | 2,38  | 2,06  | 4,46  | 4,49  | 5,30  | 1,92                             | 1,84   | 1,50                            |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 1,19  | 0,12   | 1,29  | 1,68  | 0,27  | 1,27  | 0,39  | 0,38  | 0,12  | 0,16  | 0,36                             | 0,47   | 0,55                            |
| H <sub>2</sub> O - . . . . .             | 0,08  | 0,09   | 0,40  | 0,44  | 0,24  | 1,36  | 0,66  | 0,29  | 0,42  | 0,09  | 0,12                             | —  | —                               |
| Sonstige Bestandteile                    | —     | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,14<br>SO <sub>3</sub> 0,09<br>NiO Sp. | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | NiO 0,02<br>CO <sub>2</sub> 0,00 | CO <sub>2</sub> 0,38<br>SO <sub>3</sub> 0,14<br>S 0,15 | CO <sub>2</sub> 0,32<br>Cl 0,09 |

|                    |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |       |       |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Sa. . . . .        | 100,41 | 100,06 | 100,08 | 100,77 | 100,55 | 100,06 | 100,59 | 100,50 | 99,75 | 100,56 | 100,32 | 99,78 | 99,76 |
| Spez. Gew. . . . . | 3,10   | 3,12   | 3,07   | 2,91   | 2,87   | 2,75   | 2,74   | 2,61   | 2,60  | 2,55   | —      | 3,032 | —     |

## B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 45,70 | 46,56 | 48,42 | 53,42 | 52,28 | 59,80 | 63,41 | 73,96 | 74,82 | 78,79 | 48,57 | 45,94 | 51,01 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 4,17  | 3,72  | 3,96  | 1,62  | 5,28  | 2,55  | 1,95  | 0,54  | 0,61  | 0,20  | 4,38  | 2,71  | 2,49  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,25  | 0,12  | 0,06  | 0,27  | 0,26  | 0,34  | 0,34  | 0,07  | 0,08  | —     | —     | 0,19  | 0,14  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 7,26  | 6,38  | 5,68  | 11,17 | 7,82  | 11,22 | 10,96 | 11,13 | 11,40 | 8,34  | —     | 7,18  | 12,82 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,69  | 0,87  | 2,55  | 1,83  | 1,76  | 1,24  | 1,34  | 1,15  | 0,61  | 1,67  | 2,35  | 1,76  | 3,60  |
| FeO . . . . .                            | 8,27  | 9,78  | 6,00  | 8,53  | 7,30  | 5,44  | 4,37  | 1,62  | 0,94  | 0,27  | 5,64  | 6,68  | 5,41  |
| MnO . . . . .                            | 0,13  | 0,12  | 0,19  | 0,34  | 0,07  | 0,07  | 0,08  | 0,07  | —     | 0,06  | 0,06  | —     | —     |
| MgO . . . . .                            | 17,05 | 20,00 | 18,84 | 7,79  | 12,31 | 5,78  | 3,97  | 0,81  | 0,20  | 0,06  | 17,18 | 20,42 | 8,45  |
| CaO . . . . .                            | 12,82 | 9,54  | 11,30 | 8,73  | 7,82  | 6,88  | 5,31  | 1,75  | 2,16  | 0,60  | 11,29 | 10,84 | 13,17 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 2,59  | 2,29  | 2,17  | 5,28  | 3,91  | 4,68  | 6,79  | 5,73  | 5,94  | 6,27  | 2,47  | 3,02  | 1,80  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,07  | 0,62  | 0,83  | 1,02  | 1,24  | 1,72  | 1,48  | 3,17  | 3,24  | 3,74  | 1,27  | 1,26  | 1,11  |



| N  | Gestein                         | Ort                                       | L     | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker  |
|----|---------------------------------|---|-------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|-------------|
| 1  | Limburgit-<br>basalt            | Strom an der Straße,<br>1,5 km, NW Tafuna | 43,68 | 69,34 | -13,02 | 3,66  | 3,60  | 1,07             | 17,05 | 9,22  | 7,71 | 1,38 | Washington  |
| 2  | Melanokrater<br>Olivingabbro    | Neck, Ost Fagasa Bay                      | 37,16 | 71,94 | -9,10  | 2,91  | 3,47  | 0,62             | 20,00 | 6,07  | 9,03 | 1,74 | "           |
| 3  | Olivinreicher<br>Basalt         | Strom, Fagasa Bay                         | 34,72 | 67,30 | -2,02  | 3,00  | 2,68  | 0,83             | 18,84 | 8,62  | 3,64 | 5,10 | "           |
| 4  | Olivinarmer<br>Basalt           | Strom am Dorf Afono                       | 69,88 | 41,04 | -10,92 | 6,30  | 4,87  | 1,02             | 7,79  | 3,86  | 7,04 | 3,66 | "           |
| 5  | Olivinarmer<br>Basalt           | Strom am Dorf Aolau                       | 51,88 | 49,66 | -1,54  | 5,15  | 2,67  | 1,24             | 12,31 | 5,15  | 5,61 | 3,52 | "           |
| 6  | Trachydoleri-<br>tischer Basalt | Strom Küste, 1,5 km,<br>Ost Pyramid Rock  | 70,48 | 26,70 | 2,82   | 6,40  | 4,82  | 1,72             | 5,78  | 2,06  | 4,27 | 2,48 | "           |
| 7  | Trachy-<br>andesit              | Gang 350 m SSO vom<br>Dorf Aua            | 76,92 | 22,08 | 1,00   | 8,27  | 2,69  | 1,48             | 3,97  | 2,62  | 3,11 | 2,68 | "           |
| 8  | Trachyt                         | Masse, sehr frisch, beim<br>Dorf Vatia    | 78,68 | 5,00  | 16,32  | 8,90  | 1,75  | 3,17             | 0,81  | -0,48 | 0,54 | 2,30 | "           |
| 9  | Gestein wie 8                   | Durch Verwitterg. entfärbt                | 82,14 | 2,28  | 15,58  | 9,18  | 2,16  | 3,24             | 0,20  | -0,06 | 0,33 | 1,22 | "           |
| 10 | Quarztrachyt                    | Dom oder Kraterausfüllung,<br>Pioa        | 66,72 | 12,00 | 21,28  | 10,01 | -1,67 | 3,74             | 0,06  | 0,60  | 0,33 | —    | "           |
| 11 | Olivinbasalt                    | Malaiola, Savai                           | 42,12 | 62,24 | -4,36  | 3,74  | 3,05  | 1,27             | 17,18 | 8,24  | 3,35 | 4,70 | Jensen      |
| 12 | Limburgit                       | Matavau, Savaii, Strom<br>1905—1906       | 45,84 | 70,08 | -15,92 | 4,28  | 2,90  | 1,26             | 20,42 | 7,94  | 4,92 | 3,52 | Hauseler    |
| 13 | Basalt                          | Sepia-Tempel, Valsiganatal<br>Upolu       | 62,92 | 34,24 | 2,84   | 2,91  | 9,91  | 1,11             | 8,45  | 3,26  | 1,81 | 7,20 | Dieseldorff |

Literatur: 1—10. R. A. Daly, The Geology of American Samoa, Carnegie-Inst. Washington 1924, Publikation Nr. 340. —  
 11. Jensen, Proc. Linn. Soc. NS-Wales 32, 1908, S. 706. — 12. A. Klautzsch, Jahrb. Preuss. Geol. Landes-  
 amt 27, 1907, S. 174. — 13. F. M. Möhle, N. J. f. Min. B.B. 15, 1902, S. 99.



## Gesellschafts-Inseln I. Raiatea, Tahiti.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 1     | 2                     | 3     | 4      | 5      | 6       | 7     | 8     | 9                               | 10    | 11                              | 12                              | 13                              | 14  | 15                   | 16                                  |
|--------------------------------------|-------|-----------------------|-------|--------|--------|---------|-------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 60,20 | 61,07                 | 60,50 | 56,40  | 56,33  | 59,04   | 52,25 | 51,31 | 49,52                           | 46,10 | 48,70                           | 46,25                           | 48,64                           | 44,62   | 41,98                | 41,70                               |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | 0,94                  | 0,92  | 0,25   | 0,88   | 0,76    | 2,29  | —     | 3,30                            | 3,02  | 2,37                            | 2,78                            | 2,06                            | 3,64  | 4,32                 | 3,46                                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | 0,00                  | —     | —      | 0,61   | —       | 0,20  | —     | —                               | 0,25  | —                               | —                               | —                               | 0,79  | 0,67                 | 0,63                                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 17,86 | 17,77                 | 18,20 | 21,41  | 18,44  | 16,21   | 18,70 | 20,70 | 19,40                           | 19,91 | 19,12                           | 19,00                           | 17,04                           | 14,58   | 11,59                | 14,55                               |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,10  | 2,18                  | 1,34  | 1,50   | 5,89   | 1,04    | 2,55  | 3,10  | 2,08                            | 2,75  | 2,40                            | 4,65                            | 3,82                            | 5,60  | 7,88                 | 6,11                                |
| FeO . . .                            | 2,02  | 1,49                  | 1,89  | 1,04   | 2,60   | 2,64    | 3,69  | 2,50  | 5,15                            | 5,02  | 4,77                            | 3,60                            | 6,14                            | 7,54  | 6,98                 | 7,83                                |
| MnO . . .                            | —     | 0,05                  | —     | —      | 0,11   | —       | —     | —     | —                               | —     | —                               | —                               | —                               | 0,09  | 0,11                 | 0,22                                |
| MgO . . .                            | 0,32  | —                     | 1,18  | 0,51   | 1,04   | 0,24    | 1,78  | 1,02  | 2,12                            | 3,30  | 1,54                            | 2,20                            | 2,58                            | 3,56  | 9,57                 | 7,80                                |
| CaO . . .                            | 3,60  | 1,80                  | 1,75  | 0,96   | 2,70   | 1,93    | 3,95  | 3,57  | 6,51                            | 6,95  | 6,25                            | 6,31                            | 5,79                            | 10,94   | 11,74                | 12,39                               |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 6,36  | 6,80                  | 7,25  | 9,61   | 4,34   | 9,78    | 5,10  | 6,50  | 7,15                            | 6,10  | 7,83                            | 6,10                            | 7,16                            | 4,37  | 2,85                 | 2,92                                |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 5,94  | 5,58                  | 4,45  | 5,36   | 4,82   | 6,59    | 6,62  | 5,38  | 3,85                            | 3,62  | 3,45                            | 3,62                            | 3,02                            | 1,94  | 1,38                 | 1,80                                |
| H <sub>2</sub> O + . . .             | 2,46  | 1,71                  | 2,30  | 2,50   | 1,85   | 1,60    | 2,75  | 3,85  | 0,50                            | 2,90  | 2,80                            | 4,38                            | 3,20                            | 1,02  | 0,81                 | 0,73                                |
| H <sub>2</sub> O . . .               | —     | 0,11                  | —     | —      | 0,52   | —       | —     | —     | —                               | —     | —                               | —                               | —                               | —   | 0,09                 | 0,01                                |
| Sonstige Bestandteile                | —     | ZrO <sub>2</sub> 0,12 | —     | Cl Sp. | —      | Cl 0,22 | —     | —     | SO <sub>3</sub> 0,41<br>Cl 0,15 | —     | SO <sub>3</sub> 0,83<br>Cl 0,10 | SO <sub>3</sub> 0,55<br>Cl 0,25 | SO <sub>3</sub> 0,04<br>Cl 0,20 | SO <sub>3</sub> 0,68<br>Cl 0,22<br>CO <sub>2</sub> 0,52 | CO <sub>2</sub> 0,23 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,03 |
| Sa. . . . .<br>Spez. Gew.            | 99,86 | 100,00                | 99,78 | 99,54  | 100,13 | 100,05  | 99,88 | 97,93 | 100,14                          | 99,92 | 100,16                          | 99,69                           | 99,19                           | 100,11  | 100,20               | 100,18                              |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 69,13 | 70,01 | 69,14 | 66,06 | 66,76 | 67,22 | 61,39 | 62,68 | 56,24 | 53,63 | 56,98 | 55,87 | 56,83 | 51,03 | 45,70 | 45,80 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | —     | 0,83  | 0,82  | 0,21  | 0,79  | 0,68  | 2,04  | —     | 2,80  | 2,65  | 2,11  | 2,54  | 1,82  | 3,10  | 3,55  | 2,85  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | —     | —     | —     | —     | 0,29  | —     | 0,07  | —     | —     | 0,14  | —     | —     | —     | 0,41  | 0,33  | 0,26  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 12,06 | 11,97 | 12,21 | 14,76 | 12,87 | 10,86 | 12,90 | 14,88 | 12,95 | 13,62 | 13,12 | 13,48 | 11,70 | 9,86  | 7,42  | 9,40  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 0,48  | 0,96  | 0,55  | 0,49  | 2,64  | 0,41  | 1,13  | 1,39  | 0,89  | 1,19  | 1,05  | 2,10  | 1,47  | 2,41  | 3,23  | 2,51  |
| FeO . . .                            | 1,93  | 1,44  | 1,78  | 1,48  | 2,57  | 2,53  | 3,59  | 2,57  | 4,90  | 4,82  | 4,70  | 3,62  | 5,96  | 7,25  | 6,37  | 7,21  |
| MnO . . .                            | —     | —     | —     | —     | 0,14  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,07  | 0,13  | 0,20  |
| MgO . . .                            | 0,55  | 1,51  | 2,06  | 0,91  | 1,86  | 0,41  | 3,17  | 1,91  | 3,62  | 5,80  | 2,74  | 3,99  | 4,56  | 6,07  | 15,56 | 12,77 |
| CaO . . .                            | 4,41  | 1,58  | 2,13  | 1,19  | 3,43  | 2,32  | 5,00  | 4,69  | 7,90  | 8,66  | 7,86  | 8,55  | 7,29  | 13,45 | 13,72 | 14,63 |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 7,10  | 7,57  | 8,02  | 10,89 | 5,00  | 10,79 | 5,78  | 7,70  | 7,90  | 6,84  | 8,84  | 7,10  | 8,13  | 4,90  | 3,02  | 3,11  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 4,34  | 4,13  | 3,29  | 4,01  | 3,65  | 4,78  | 4,93  | 4,18  | 2,80  | 2,65  | 2,60  | 2,75  | 2,24  | 1,45  | 0,98  | 1,26  |



| Nr. | Gestein               | Ort   | Lage-<br>rung | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker  |
|-----|-----------------------|---|---------------|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|-------------|
| 1   | Phonolithe            | Mt. Tapioi, Raiatea,<br>Gesellschaftsinseln |               | 94,00  | 12,54 | -6,54  | 11,44 | 0,62  | 4,34             | 0,55  | 3,79  | 1,45 | 0,96 | P. Marshall |
| 2   | Trachyt               | Tacarapu, Tahiti                            |               | 94,68  | 8,52  | -3,20  | 11,70 | 0,27  | 4,13             | 1,51  | 1,31  | 0,48 | 1,92 | Washington  |
| 3   | Tinguait              | Vairao, Tahiti                              |               | 94,08  | 10,14 | -4,22  | 11,31 | 0,90  | 3,29             | 2,06  | 1,23  | 1,23 | 1,10 | Pisani      |
| 4   | Tinguait              | Papenoo-Tal, Tahiti                         |               | 118,08 | 8,00  | -26,08 | 14,90 | -0,14 | 4,01             | 0,91  | 1,19  | 1,13 | 0,70 | "           |
| 5   | Latit                 | Ost-Papetoai, Moorea                        |               | 83,70  | 9,14  | 7,16   | 8,65  | 3,43  | 3,65             | 1,86  | -0,78 | 0,07 | 5,28 | P. Marshall |
| 6   | Phonolith             | Pahiraia, Hilahine                          |               | 86,88  | 26,64 | -13,52 | 15,57 | -4,71 | 4,78             | 0,41  | 2,32  | —    | —    | Foote       |
| 7   | Nephelinsyenit        | Papenoo-Tal, Tahiti                         |               | 94,44  | 19,14 | -13,58 | 10,71 | 2,19  | 4,93             | 3,17  | 2,81  | 2,46 | 2,26 | Pisani      |
| 8   | Nephelinsyenit        | " "   |               | 107,04 | 12,34 | -19,38 | 11,88 | 3,00  | 4,18             | 1,91  | 1,69  | 1,18 | 2,78 | "           |
| 9   | Haunophyr<br>(Tahiti) | " "   |               | 94,60  | 28,34 | -22,94 | 10,70 | 2,25  | 2,80             | 3,62  | 5,65  | 4,01 | 1,78 | "           |
| 10  | Camptonit             | " "   |               | 92,44  | 30,30 | -22,74 | 9,49  | 4,13  | 2,65             | 5,80  | 4,53  | 3,63 | 2,38 | "           |
| 11  | Haunophyr<br>(Tahiti) | Vairao, Tahiti                              |               | 98,24  | 27,24 | -25,48 | 11,44 | 1,68  | 2,60             | 2,74  | 6,18  | 3,65 | 2,10 | "           |
| 12  | Haunophyr<br>(Tahiti) | " "   |               | 93,32  | 25,06 | -18,38 | 9,85  | 3,63  | 2,75             | 3,99  | 4,92  | 1,52 | 4,20 | "           |
| 13  | Haunophyr<br>(Tahiti) | Arue, Tahiti                                |               | 88,28  | 32,96 | -21,24 | 10,37 | 1,33  | 2,24             | 4,56  | 5,96  | 4,49 | 2,94 | P. Marshall |
| 14  | Luscladit             | Papenoo-Tal, Tahiti                         |               | 64,84  | 46,66 | -11,50 | 6,35  | 3,51  | 1,45             | 6,07  | 9,94  | 4,91 | 4,82 | Raoult      |
| 15  | Mafräite              | " "   |               | 45,68  | 64,72 | -10,40 | 4,00  | 3,42  | 0,98             | 15,56 | 10,30 | 3,28 | 6,44 | "           |
| 16  | Berondrit             | " "   |               | 55,08  | 59,56 | -14,64 | 4,37  | 5,03  | 1,26             | 12,77 | 9,60  | 4,90 | 5,02 | Foote       |



## Gesellschaftsinseln II.

## A. Gewichtsprocente.

|                                      | 17                      | 18    | 19     | 20    | 21     | 22     | 23     | 24                                    | 25  | 26                                    | 27     | 28  | 29                                     | 30   | 31                           |
|--------------------------------------|-------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--------|---|--|--|------------------------------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 43,92                   | 47,50 | 45,10  | 44,26 | 44,75  | 44,25  | 41,50  | 61,90                                 | 58,84   | 44,74                                 | 43,85  | 42,78   | 43,46                                  | 43,05  | 56,68                        |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 3,46                    | 2,96  | 3,49   | 5,02  | 3,45   | 3,65   | 4,78   | 0,20                                  | 0,72  | 3,68                                  | 1,88   | 2,66  | 2,34                                   | 3,00   | 0,91                         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,02                    | 0,46  | 0,57   | 0,45  | 0,38   | 0,63   | 0,06   | 0,01                                  | 0,13  | 0,70                                  | 0,38   | 0,50  | 0,28                                   | 2,21   | 0,74                         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 3,16                    | 19,37 | 19,30  | 13,32 | 13,22  | 16,27  | 12,31  | 18,37                                 | 20,30   | 16,74                                 | 9,07   | 9,26  | 8,69                                   | 9,21   | 18,73                        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .   | 5,24                    | 3,39  | 1,55   | 4,60  | 1,20   | 1,50   | 5,20   | 2,46                                  | 2,74  | 3,70                                  | —      | 2,00  | 4,17                                   | 1,90   | 4,34                         |
| FeO . . .                            | 6,20                    | 4,74  | 8,70   | 8,19  | 10,50  | 10,30  | 8,46   | 0,68                                  | 0,64  | 8,53                                  | 10,75  | 10,82   | 8,58                                   | 10,21  | 0,94                         |
| MnO . . .                            | 0,08                    | —     | —      | —     | —      | —      | —      | 0,26                                  | 0,12  | 0,19                                  | —      | 0,43  | 0,15                                   | 0,36   | 0,83                         |
| MgO . . .                            | 20,71                   | 3,60  | 5,30   | 9,42  | 10,85  | 6,51   | 11,29  | 0,46                                  | 0,60  | 4,80                                  | 23,40  | 12,44   | 18,82                                  | 13,41  | 1,97                         |
| CaO . . .                            | 12,42                   | 6,92  | 9,81   | 10,95 | 11,50  | 10,14  | 14,05  | 0,58                                  | 1,66  | 9,88                                  | 7,90   | 14,37   | 10,41                                  | 10,15  | 3,60                         |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 0,34                    | 5,25  | 4,32   | 2,40  | 1,95   | 3,24   | 2,06   | 7,95                                  | 7,48  | 4,42                                  | 1,30   | 2,89  | 1,02                                   | 3,58   | 5,64                         |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,07                    | 3,47  | 1,58   | 0,99  | 1,27   | 1,98   | 0,48   | 5,36                                  | 5,72  | 1,14                                  | 0,54   | 1,24  | 0,54                                   | 0,73   | 3,85                         |
| H <sub>2</sub> O + . .               | 4,16                    | 2,25  | 0,75   | 0,37  | 1,62   | 2,40   | 0,50   | 1,52                                  | 0,68  | 1,12                                  | 1,62   | 0,40  | 1,01                                   | 0,87   | 1,71                         |
| H <sub>2</sub> O . . .               | —                       | —     | —      | —     | —      | —      | —      | 0,61                                  | 0,31  | 0,33                                  | —      | 0,05  | 0,42                                   | 0,90   | 0,80                         |
| Sonstige Bestandteile                | CO <sub>2</sub><br>0,19 | —     | —      | —     | —      | —      | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>Sp. | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,02<br>BaO 0,07 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>Sp. | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,12<br>ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>CO <sub>2</sub> 0,01<br>Cl 0,07 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>0,17 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,10<br>CO <sub>2</sub> 0,10<br>Cl 0,13 | F 0,03<br>S 0,24<br>BaO 0,05 |
| Sa. . . .                            | 100,07                  | 99,91 | 100,47 | 99,97 | 100,71 | 100,87 | 100,69 | 100,34                                | 100,03  | 99,97                                 | 100,69 | 100,43  | 100,06                                 | 100,23   | 100,24                       |
| Spez. Gew.                           | —                       | —     | —      | —     | —      | —      | —      | —                                     | —   | —                                     | —      | —   | —                                      | —  | —                            |

## B. Molekularprocente.

|                                      | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    | 29    | 30    | 31    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . .               | 43,76 | 54,62 | 49,34 | 47,30 | 46,48 | 48,66 | 43,38 | 71,13 | 67,79 | 50,14 | 41,76 | 43,43 | 43,47 | 44,75 | 65,77 |
| TiO <sub>2</sub> . . .               | 2,58  | 2,55  | 2,89  | 4,04  | 2,70  | 3,03  | 3,76  | 0,21  | 0,62  | 3,11  | 1,38  | 2,02  | 1,75  | 2,32  | 0,77  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .  | 0,00  | 0,21  | 0,26  | 0,19  | 0,19  | 0,26  | —     | —     | 0,07  | 0,34  | 0,17  | 0,25  | 0,12  | 1,00  | 0,35  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . | 1,86  | 13,52 | 12,40 | 8,40  | 8,17  | 10,55 | 7,59  | 12,46 | 13,82 | 11,08 | 5,11  | 5,58  | 5,12  | 5,64  | 12,81 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .   | 1,98  | 1,45  | 0,66  | 1,86  | 0,50  | 0,59  | 2,07  | 1,04  | 1,18  | 1,55  | —     | 0,80  | 1,57  | 0,75  | 1,89  |
| FeO . . .                            | 5,17  | 4,55  | 7,94  | 7,31  | 9,17  | 9,43  | 7,40  | 0,62  | 0,62  | 8,04  | 8,62  | 9,25  | 7,17  | 8,90  | 0,91  |
| MnO . . .                            | 0,06  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0,28  | 0,14  | 0,20  | —     | 0,37  | 0,12  | 0,31  | 0,35  |
| MgO . . .                            | 30,89 | 6,21  | 8,73  | 15,13 | 17,02 | 10,74 | 17,68 | 0,76  | 1,04  | 8,04  | 33,31 | 18,93 | 28,15 | 20,86 | 3,43  |
| CaO . . .                            | 13,28 | 8,48  | 11,48 | 12,56 | 12,88 | 11,93 | 15,74 | 0,69  | 2,08  | 11,89 | 8,10  | 15,69 | 11,21 | 11,34 | 4,48  |
| Na <sub>2</sub> O . . .              | 0,36  | 5,86  | 5,18  | 2,50  | 2,01  | 3,43  | 2,07  | 8,86  | 8,40  | 4,80  | 1,21  | 2,88  | 0,96  | 3,63  | 6,37  |
| K <sub>2</sub> O . . .               | 0,06  | 2,55  | 1,12  | 0,71  | 0,88  | 1,38  | 0,31  | 3,95  | 4,24  | 0,81  | 0,34  | 0,80  | 0,36  | 0,50  | 2,87  |



| N  | Gestein                  | Ort  | Lage-<br>rung | L      | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker |
|----|--------------------------|--|---------------|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|------------|
| 17 | Wehlrit                  | Papenoo-Tal, Tahiti                        |               | 9,12   | 95,92 | -5,04  | 0,42  | 1,44  | 0,06             | 30,89 | 11,84 | 3,25 | 3,96 | Footé      |
| 18 | Nephelin-<br>monzonit    | " "  |               | 87,72  | 28,26 | -15,98 | 8,41  | 5,11  | 2,55             | 6,21  | 3,37  | 3,10 | 2,90 | Pisani     |
| 19 | Nephelin-<br>gabbro      | " "  |               | 74,80  | 44,10 | -18,90 | 6,30  | 6,10  | 1,12             | 8,73  | 5,38  | 7,28 | 1,32 | "          |
| 20 | Mikrogabbro              | " "  |               | 46,44  | 59,62 | -6,06  | 3,21  | 5,19  | 0,71             | 15,13 | 7,37  | 5,45 | 3,72 | "          |
| 21 | Olivinbasalt             | " "  |               | 44,24  | 67,58 | -11,82 | 2,89  | 5,28  | 0,88             | 17,02 | 7,60  | 8,67 | 1,00 | "          |
| 22 | Basalt                   | " "  |               | 61,44  | 52,72 | -14,16 | 4,81  | 5,74  | 1,38             | 10,74 | 6,19  | 8,84 | 1,18 | "          |
| 23 | Essexitgabbro            | " "  |               | 39,88  | 71,22 | -11,10 | 2,38  | 5,21  | 0,31             | 17,68 | 10,53 | 5,33 | 4,14 | "          |
| 24 | Nephelin-<br>trachyt     | Mauratapu, Huahine,<br>Gesellschaftsinseln |               | 99,68  | 6,80  | -6,48  | 12,81 | -0,35 | 3,95             | 0,76  | 0,69  | 0,21 | 1,38 | Moreley    |
| 25 | Phonolith                | Vaitia, Taiarapu, Tahiti                   |               | 105,84 | 5,82  | -11,66 | 12,64 | 1,18  | 4,24             | 1,04  | 0,90  | —    | 1,94 | "          |
| 26 | Nephelin-<br>basalt      | Tapahi, Tahiti                             |               | 66,76  | 45,40 | -12,16 | 5,61  | 5,47  | 0,81             | 8,04  | 6,42  | 6,69 | 3,10 | "          |
| 27 | Oceanite                 | Papenoo-Tal, Tahiti                        |               | 26,64  | 92,94 | -19,58 | 1,55  | 3,56  | 0,34             | 33,31 | 4,54  | 8,62 | —    | Footé      |
| 28 | Ankaratrit               | Fautana-Tal, Tahiti                        |               | 37,04  | 84,68 | -21,72 | 3,68  | 1,90  | 0,80             | 18,93 | 13,79 | 8,82 | 1,60 | "          |
| 29 | Ankaramit-<br>Oceanit    | West-Point Tapahi                          |               | 25,76  | 85,70 | -11,46 | 1,32  | 3,80  | 0,36             | 28,15 | 7,41  | 5,72 | 3,14 | "          |
| 30 | Limburgit-<br>Ankaratrit | Fautana-Tal, Tahiti                        |               | 39,08  | 79,80 | -18,88 | 4,13  | 1,51  | 0,50             | 20,86 | 9,83  | 8,46 | 1,50 | "          |
| 31 | Mugearit                 | West-Mt. Tapioi, Raiatea                   |               | 88,20  | 11,83 | -0,03  | 9,24  | 3,57  | 2,87             | 3,43  | 0,91  | —    | 3,15 | "          |

Literatur: Iddings, Proc. Nat. Acad. Sc., Bd. 4, 1918, S. 115. A. Lacroix, Madagascar III, Paris 1923, S. 279.



Subamerikanische Inseln. San Felix und San Ambrosio, Juan-Fernandez-Inseln, Galápagos-Inseln.

A. Gewichtsprocente.

|  | 1                               | 2     | 3  | 4      | 5                    | 6      | 7      | 8  | 9                 | 10               | 11    | 12     | 13     | 14    |
|--|---------------------------------|-------|--|--------|----------------------|--------|--------|--|-------------------|------------------|-------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 62,54                           | 58,22 | 46,22  | 43,20  | 36,85                | 43,48  | 45,41  | 43,47  | 63,43             | 43,37            | 48,24 | 38,13  | 47,75  | 38,07 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,24                            | 0,92  | 5,86   | 6,78   | 4,76                 | 5,70   | 5,30   | 2,68   | 0,28              | 1,03             | 3,85  | 5,50   | 3,12   | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,13                            | 0,90  | 1,12   | 0,58   | 0,83                 | 0,99   | 1,00   | 0,27   | 0,18              | 0,19             | 0,16  | 0,01   | 0,01   | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 18,33                           | 18,31 | 12,29  | 8,51   | 8,14                 | 9,74   | 14,58  | 17,30  | 18,64             | 8,48             | 15,82 | 14,64  | 18,34  | 13,03 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,11                            | 2,63  | 2,14   | 3,49   | 5,57                 | 6,66   | 3,22   | 6,87   | 2,78              | 2,91             | 0,78  | 7,93   | 9,94   | 9,99  |
| FeO . . . . .                            | 0,82                            | 1,91  | 7,91   | 7,84   | 3,50                 | 4,19   | 8,74   | 7,09   | 1,02              | 11,00            | 9,84  | 0,87   | 1,09   | —     |
| MnO . . . . .                            | 0,15                            | 0,16  | 0,17   | 0,15   | —                    | —      | —      | 0,07   | 0,09              | 0,13             | 0,20  | 0,15   | 0,19   | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,33                            | 0,97  | 7,55   | 12,04  | 9,05                 | 10,83  | 4,98   | 8,60   | 1,88              | 25,93            | 5,84  | 3,84   | 4,78   | 6,58  |
| CaO . . . . .                            | 0,92                            | 1,52  | 8,94   | 10,21  | 7,44                 | 8,90   | 9,83   | 6,09   | 1,68              | 5,03             | 9,84  | 8,97   | 11,25  | 7,54  |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 8,02                            | 6,14  | 4,04   | 5,07   | 4,70                 | 5,62   | 3,53   | 2,53   | 6,77              | 1,33             | 3,63  | 2,67   | 3,34   | 0,70  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 5,70                            | 5,75  | 3,33   | 0,69   | 3,25                 | 3,89   | 2,39   | 0,74   | 3,82              | 0,58             | 0,64  | 0,15   | 0,19   | 0,94  |
| H <sub>2</sub> O + . . . . .             | 0,15                            | 1,47  | 0,08   | 0,78   | 4,01                 | 3,89   | 0,82   | —  | —                 | —                | —     | —      | —      | —     |
| H <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,05                            | 0,86  | 0,04   | 0,71   | 8,35                 | —      | 0,27   | 3,46   | —                 | —                | 0,72  | 12,34  | —      | 23,14 |
| sonstige Bestandteile                    | ZrO <sub>2</sub> 0,12<br>S 0,03 | —     | ZrO <sub>2</sub> 0,02<br>S 0,02<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,05 | —      | CO <sub>2</sub> 4,00 | —      | —      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,13<br>Cl 0,19<br>S 0,12 | S 0,01<br>Cl 0,04 | S Sp.<br>Cl 0,08 | —     | —      | —      | —     |
| Summe                                    | 100,64                          | 99,79 | 99,78  | 100,05 | 99,95                | 100,00 | 100,07 | 99,60  | 100,36            | 100,25           | 99,70 | 100,61 | 100,00 | 99,99 |
| Spez. Gew.                               | —                               | —     | —  | —      | —                    | —      | —      | —  | —                 | —                | —     | —      | —      | —     |

B. Molekularprocente.

|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 70,40 | 68,02 | 49,85 | 44,73 | 46,39 | 46,40 | 50,47 | 48,66 | 70,10 | 40,69 | 52,12 | 54,01 | 54,03 | 55,35 |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,09  | 0,85  | 4,74  | 5,31  | 4,54  | 4,57  | 4,42  | 2,26  | 0,24  | 0,73  | 3,10  | 2,65  | 2,66  | —     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,06  | 0,42  | 0,52  | 0,25  | 0,46  | 0,45  | 0,47  | —     | —     | —     | 0,07  | —     | —     | —     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 12,15 | 12,61 | 7,80  | 5,18  | 6,15  | 6,11  | 9,58  | 11,45 | 12,17 | 4,70  | 10,10 | 12,22 | 12,21 | 11,23 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,88  | 1,20  | 0,84  | 1,37  | 2,69  | 2,70  | 1,34  | 3,61  | 1,75  | 1,14  | 0,33  | 4,27  | 4,23  | 5,53  |
| FeO . . . . .                            | 0,75  | 1,90  | 7,15  | 6,81  | 3,77  | 3,73  | 8,18  | 8,92  | 1,52  | 9,59  | 8,93  | 1,03  | 1,02  | —     |
| MnO . . . . .                            | 0,14  | 0,14  | 0,13  | 0,12  | —     | —     | —     | 0,07  | —     | 0,10  | 0,20  | 0,17  | 0,20  | —     |
| MgO . . . . .                            | 0,54  | 1,69  | 12,15 | 18,68 | 17,23 | 17,31 | 8,31  | 14,41 | 2,24  | 36,41 | 9,45  | 8,12  | 8,12  | 14,30 |
| CaO . . . . .                            | 1,09  | 1,90  | 10,33 | 11,99 | 10,23 | 10,23 | 11,73 | 7,34  | 2,00  | 5,08  | 11,40 | 13,68 | 13,71 | 11,75 |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 8,76  | 6,97  | 4,22  | 5,12  | 5,85  | 5,86  | 3,82  | 2,75  | 7,28  | 1,21  | 3,84  | 3,68  | 3,68  | 0,96  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 4,14  | 4,30  | 2,27  | 0,44  | 2,69  | 2,64  | 1,68  | 0,53  | 2,70  | 0,35  | 0,46  | 0,17  | 0,14  | 0,88  |



| N  | Gestein                                 | Ort                                  | Lage-<br>rung     | L     | M     | Q      | A     | C     | K <sub>2</sub> O | MgO   | CaO   | FeO  | Mt   | Analytiker         |
|----|---|--------------------------------------|-------------------|-------|-------|--------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|------|--------------------|
| 1  | Schiefriger<br>Trachyt                  | Cerro Amarillo, San Felix            | Block im<br>Tuiff | 97,20 | 9,54  | -6,74  | 12,90 | -0,75 | 4,14             | 0,54  | 1,09  | 0,76 | 0,26 | Washington         |
| 2  | Hyalotrachyt                            | " " "                                | Block im<br>Tuiff | 95,52 | 8,58  | -4,10  | 11,27 | 1,34  | 4,30             | 1,69  | 0,56  | 0,84 | 2,40 | "                  |
| 3  | Nephelin-<br>basanit                    | Pahoehoe, San Felix                  |                   | 57,16 | 56,90 | -14,06 | 6,49  | 1,31  | 2,27             | 12,15 | 9,02  | 6,44 | 1,68 | "                  |
| 4  | Nephelin-<br>basanit                    | Aa, San Felix                        |                   | 41,44 | 77,48 | -18,92 | 5,56  | -0,38 | 0,44             | 18,68 | 11,99 | 5,94 | 1,98 | "                  |
| 5  | Gelber<br>Basanituff                    | Cerro Amarillo, San Felix            |                   | 49,20 | 76,80 | -26,00 | 8,54  | -2,39 | 2,69             | 17,23 | 10,23 | 3,47 | 0,60 | "                  |
| 6  | Gelbe Tuffe,<br>wasserfrei<br>berechnet | " " "                                |                   | 48,88 | 76,88 | -25,76 | 8,50  | -2,39 | 2,64             | 17,31 | 10,23 | 3,42 | 0,62 | "                  |
| 7  | Tephritischer<br>Basalt                 | San Ambrosio                         |                   | 60,32 | 48,28 | -8,60  | 5,50  | 4,08  | 1,68             | 8,31  | 7,65  | 6,84 | 2,68 | "                  |
| 8  | Basanit                                 | Masafuera, Juan-Fernandez-<br>Inseln |                   | 55,60 | 51,24 | -6,84  | 3,28  | 7,34  | 0,53             | 14,41 | -0,89 | 5,38 | 7,22 | Nainsa<br>Sahibohm |
| 9  | Natrontrachyt<br>(Keratophyr)           | Masafuera, Juan-Fernandez-<br>Inseln |                   | 87,84 | 9,46  | 2,70   | 9,98  | 2,00  | 2,70             | 2,24  | -0,19 | —    | 3,27 | "                  |
| 10 | Pikritbasalt                            | Masafuera, Juan-Fernandez-<br>Inseln |                   | 25,04 | 97,22 | -22,26 | 1,56  | 3,14  | 0,35             | 36,41 | 1,94  | 8,55 | 2,28 | "                  |
| 11 | Andesinbasalt                           | EdenIslet, Galápagos-Inseln          |                   | 57,60 | 48,36 | -5,96  | 4,30  | 5,80  | 0,46             | 9,45  | 5,60  | 8,80 | 0,66 | Keyes              |
| 12 | Palagonituff                            | Insel Eden, "                        |                   | 64,28 | 32,63 | 3,39   | 3,85  | 8,37  | 0,17             | 8,12  | 5,31  | —    | 5,47 | "                  |
| 13 | Palagonituff,<br>H <sub>2</sub> O-frei  | " " "                                |                   | 64,12 | 32,33 | 3,55   | 3,82  | 8,39  | 0,14             | 8,12  | 5,32  | —    | 5,45 | "                  |
| 14 | Palagonituff                            | " " "                                |                   | 52,28 | 38,85 | 8,87   | 1,84  | 9,39  | 0,88             | 14,30 | 2,36  | —    | 5,53 | Bunsen             |

Literatur: 1—7. Willis und Washington, Bull. Geol. Soc. Am. 35, S. 365—384. — 8—10. Quensel, Bull. Geol. Inst. Upsala XI, 1912. — 11—14. Washington und Keyes, Journ. Wash. Acad. Sci., Bd. 17, 1927.



## Literatur.

- W. T. Brigham. The Volcanoes of Kilauea and Mauna Loa. Memoirs of the Bernice Pauahi Bishop Museum, Vol. II, Nr. 4, Honolulu 1909.
- C. R. Burri. Chemismus und provinzielle Verhältnisse der jungeruptiven Gesteine des pazifischen Ozeans und seiner Umrandung. Schweiz. Mineralogische und Petrogr. Mitt., Bd. VI, 1, 1926.
- W. Cross. Lavas of Hawai and their Relations. U. S. Geol. Surv. Prof. P. 88, 1915.
- J. D. Dana. Charakteristiks of Volcanoes with contribution of Facts and Principles from the Hawaiian Islands. New York 1891.
- R. A. Daly. The Nature of volcanic Action. Proc. Am. Acad. Arts and Sc. Boston Mass. 1911, XLVII, Nr. 3.
- R. A. Daly. Problems of the Pacific Islands. Am. Journ. Sc. 41, 1916, S. 153.
- R. A. Daly. Petrography of the Pacific Islands. Bull. Geol. Soc. Am. 27, 1916, S. 325.
- R. A. Daly. Magmatic Differentiation in Hawai. Journ. Geol. XIX, 1911, S. 289—316.
- A. L. Day. Water and volcanic Activity. Bull. Am. Geol. Soc. XXIV. S. 573 bis 606.
- C. E. Dutton. Hawaiian Volcanoes. U. S. Geol. Survey 4, Ann. Rep. 1882/83.
- C. Elschner. The Lewards Islands of the Hawaiian Group. Honolulu 1915.
- W. Ellis. Polynesian Researches. London 1853, IV.
- I. Friedländer. Die Insel Kaula in der Hawaigruppe. Z. f. Vulk. VII, 1923—1924, S. 107—108.
- B. Gutenberg. Der Aufbau der Erde. Berlin 1925. Bornträger.
- W. L. Green. Vestige of Molten Globe. Part I, London 1875, Part II, Honolulu 1877.
- C. H. Hitchcock. Hawai and its Volcanoes. 2. Ed. 1911.
- W. H. Hobbs. Buried Lavatunnels as a Faktor in drainage of Craters of the Hawaiian Type. Z. f. Vulk. I, 1914—1915, S. 86.
- Iddings. The petrology of the South Pacific Islands and its significance. Proc. Nat. Acad. Sci. Vol. 2, 1916, S. 413.
- W. Lindgreen. The Water Resources of Molokai. U. S. Geol. Surv. Water Supply Paper 77, 1903.
- P. Marshall. Oceania, Handbuch der regionalen Geologie VII, 2, Heidelberg 1911.
- S. Powers. Tectonic Lines in the Hawaiian Islands. Bull. Geol. Soc. Amerika 28, 1917, S. 501—514.
- S. Powers. Notes on Hawaiian Petrology. Am. Journ. Sc. 50, 1920, S. 256—280.
- H. S. Washington. The Chemistry of the Pacific Volcanoes, the Limitation of our Knowledge. Spec. Publikation Bernice P. Bishop. Museum VII, 1921.
- H. S. Washington. Petrology of the Hawaiian Island.
- I. Kohala and Mauna Kea, Hawai. Am. Journ. Sc. 5, 1923, S. 465.
  - II. Hualalai and Mauna Loa. Am. Journ. Sc. 6, 1923, S. 100.
  - III. Kilauea and general Petrology. Am. Journ. Sc. 6, 1923, S. 338.
  - IV. The Formation of Aa and Pahoe-hoe. Am. Journ. Sc. 6, 1923, S. 95.
  - V. The Leward Islands. Am. Journ. 12, 1926, S. 336—352.
  - VI. Maui. Am. Journ. Sc. 15, 1928, S. 199—220.



Ch. K. Wentworth. Pyroclastic Geology of Oahu Bernice. P. Bishop Mus. Bull. 30, Honolulu 1926, S. 121.

# Hawai.

E. W. Brown. Oscillations in Halemaumau the Lavapit of Kilauea, Am. Journ. Sc. 9, 1825, S. 95.

L. Day und E. S. Shepherd. L'eau et les gaz magmatiques, conclusions à tirer de l'analyse des gaz du cratere de Kilauea. C. R. T. 157, 1913, S. 958.

W. H. Hobbs. Buried Lavatunnels as Faktor in the Drainage of Craters of the Hawaiian Type. Z. f. Vulk. I, 1914—1915, S. 86—88.

T. A. Jaggar. Volcanologic Investigations at Kilauea. Am. Journ. Sc. 44, 1917, S. 161—220.

T. A. Jaggar. The Explosiv Eruption of Kilauea in Hawai 1924. Am. Journ. Sc. 8, 1924, S. 353.

T. A. Jaggar. Notes from a Volcano Laboratory. The personal „Documents“ in the Case of Kilauea and Mauna Loa, and how they are translating the Laws of Earth Eruptions. Science Conspectus Boston, Vol. V, Nr. 4, S. 1915. Ref. Z. f. Vulk. III, S. 51.

T. A. Jaggar. Volcanologic Investigations at Kilauea. Am. Journ. Sc. 44, 1917. Thermal Gradient of Kilauea Lava Lake. Journ. Washington Acad. Sc., Vol. VII, 1917.

Frank A. Perret. The Lava Fountains of Kilauea. Am. Journ. Sc. 35, 1913, S. 139—148.

The Floating Islands of Halemaumau. Am. Journ. Sc. 35, 1913, S. 272—285.

The Circulatory System in the Halemaumau Lava Lake during the Summer of 1911. Am. Journ. Sc. 35, 1913, S. 337—349.

Subsidence Phenomena at Kilauea in the Summer of 1911. Am. Journ. Sc. 35, 1913, S. 469—476.

Some Kilauean Ejectamenta. Am. Journ. Sc. 35, 1913, S. 611—618.

Some Kilauean Formations. Am. Journ. Sc. 36, 1913, S. 151—159.

Volcanic Research at Kilauea in the Summer of 1911, with a Report by Dr. Albert Brun on the Material taken directly from „Old Faithfull“. Am. Journ. Sc. 36, 1913, S. 475—488.

S. Powers. Intrusive Bodies at Kilauea. Z. f. Vulk. III, 1916—1917, S. 28—33.

S. Powers. Explosive Ejectamenta of Kilauea. Am. Journ. Sc. 41, 1916, S. 227—244.

E. S. Shepherd. Temperature of the Fluid Lava of Halemaumau, July 1911. I. Rep. Haw. Volc. Observ. Boston 1911, S. 47—51.

H. T. Stearns. The explosiv Phase of Kilauea Volcano, Hawai in 1924. Z. f. Vulk. X, 1926, S. 46—47.

H. T. Stearns. The Keaiwa or 1823 LavafLOW from Kilauea Volcano. Journ. Geology 34, 1926, S. 336—351.

H. O. Wood. On Cyclical Variation in Eruption at Kilauea. Am. Journ. Sc. 45, 1918, S. 146.

I. Friedländer. Über hydrostatisches Gleichgewicht bei Vulkanen. Z. f. Vulk. III, 1916—1917, S. 1—27.



I. Friedländer. Gipfelausbruch des Mauna Loa 25. Nov. 1914. Z. f. Vulk. II, 1915—1916, S. 91—95. Über vulkanische Verwerfungstäler. Z. f. Vulk. II, 1915 bis 1916, S. 186—220.

I. Friedländer. Ausbruch des Mauna Loa (Hawai) im April 1926. Z. f. Vulk. X, 1926, S. 49.

T. A. Jaggar. Activity of Mauna Loa, Hawai. Dezember—Januar 1914—1915. Am. Journ. Sc. 40, 1915, S. 621.

T. A. Jaggar. Lavaflow from Mauna Loa. Am. Journ. Sc. 43, 1917.

H. O. Wood. Notes on the Eruption of Mauna Loa. Journ. Geol. 35, 1917, S. 322 und 467.

H. O. Wood. Outbreak of Mauna Loa. Weekly Bull. Hawaiian Volcano Observatory, Vol. IV, Nr. 5, S. 32. Ref. Z. f. Vulk. III, 1916—1917, S. 61.

W. O. Wood. Notes on the 1916 Eruption of Mauna Loa. Journ. of Geology 25, 1917, S. 322—336, 467—488.

H. O. Wood. Effekts in Mokuaweoweo of the Eruption of 1914. Am. Journ. Sc. 41, 1916, S. 383—408.

#### Samoa, Tahiti, südamerikanische Inseln.

T. Anderson. The Volcano of Matavanu in Savai. Quart. Journ. Geol. Soc. 66, 1910, S. 621.

R. A. Daly. The Geology of American Samoa. Carnegie Inst. Washington 340, 1924.

I. Friedländer. Beiträge zur Geologie der Samoainseln. Abhandlungen der Kgl. Bayer. Ak. d. Wissensch. II. Kl., Bd. XXIV, III. Abt. München 1910.

H. J. Jensen. The Geology of Samoa and the Eruptions of Savai. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales 31, 1906, S. 642.

K. Sapper. Berichte über die Matavanu-Ausbrüche. Z. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1906. S. 686, 1909, S. 501, 1911, S. 172, 701, 1912, S. 445, 1913, S. 210.

G. Wegener. Die Vulkanausbrüche auf Sawaii. Z. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1903, S. 208—219.

Klautsch. Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. 27, 1910, S. 174.

Weber. Zur Petrographie der Samoainseln. Abh. K. Bayer. Akad. II, 24. Febr. 1909, S. 290.

Bailey Willis und H. S. Washington. San Felix and San Ambrosio: Their Geology and Petrology. Bull. Geol. Soc. Amerika, Vol. 35, 1924, S. 265—384.

W. Beebe. Galápagos. Leipzig 1926.

P. D. Quensel. Die Geologie der Juan-Fernandez-Inseln. Bull. Geol. Inst. of Upsala, Vol. XI, 1912, S. 252—290.

Th. Wolf. Die Galápagos-Inseln. Verh. Ges. f. Erdkunde, Berlin 22, 1895, S. 246—265.

H. S. Washington. Mary G. Keyes Rocks of Galápagos Islands. Journ. Washington Academy Sc., Vol. 17, Nr. 21, 1927, S. 538—543.

A. Lacroix. Les Roches à Nepheline de Tahiti. C. R. Acad. Sc. 139, 1904, S. 953.

A. Lacroix. Les Roches alcalines de Tahiti. Bull. Soc. Géol. de France, 4. sér., Tome X, 1910, S. 123.

A. Lacroix. Le soidisant granit (gabbro à Olivine) de Bora-Bora. Bull. Soc. Geol. de France 1916, S. 178.

A. Lacroix. Madagaskar III. Paris 1923, S. 279.

P. Marshall. The Geology of Tahiti. Transact. New Seal. Inst. 47, 1914, S. 361.



## Sach- und Vulkanregister.

### A

- Aa-Lava 559, 595, 597, 735, 759.  
 Abong 192.  
 Abra grande 346.  
 Abrasionsterrassen 766.  
 Absaroka Range 692, 695.  
 Absarokit 49, 50, 85, 187, 613, 614, 615, 635.  
 Abtrennung der flüchtigen Phase 18.  
 Aca 347.  
 Acatenango 464.  
 Acongagua 342.  
 Adamellit 390, 484, 542.  
 Adams, Mt. 565.  
 Adatara 118, 122.  
 Additionsverbindungen 12, 16.  
 Admiralitätsinseln 258.  
 Adonara-Insel 243.  
 Aegirinfaktor 33.  
 Aegirintrachyt 58, 112.  
 Aequinoctia 152, 185.  
 Aequivalente Gesteine 323.  
 Agakisan 122.  
 Agoeng 240.  
 Agua 464.  
   — Negra 350.  
 Agunijima 129.  
 Aichung der vulkanischen Intensität 6.  
 Ajek-Ajek 228.  
 Ainelkan 89, 93.  
 Aitutaki 769.  
 Ajusco 489.  
 Akahaniyama 118.  
 Akmittrachyt 623, 707.  
 Akun 582.  
 Akutan 582.  
 Alaid 100.  
 Alas, Gg., 192.  
 Alasbogen 191.  
 Alaska 660, 661.  
   — -beben 578, 579.  
   — -Aleuten-Bogen, Übersicht 553, 586.  
   — — -Graben 568, 586.  
   — -Gebirge 535, 536.  
 Albay-Vulkan 171.  
   — -Zone 171.  
 Albemarle 774.  
 Albington 774.  
 Alboranit 82, 85, 86, 165, 190, 197, 226, 230, 246.  
 Aleenuit 746.  
 Alegria 456.  
 Aleutenvulkane 580.  
 Alioanea 173.  
 Alkalimagmen 548.  
 Almagan 161.  
 Alngei 89.  
 Altar 371.  
 Alt-Bogosloff (Joanna Bogoslova) 582.  
 Alor-Insel 246.  
   — Pic von 246.  
 Altos de Boliche 369.  
 Alumbra 354.  
 Amador 632, 633.  
 Amagisan 134.  
 Amak (Amiak) 580.  
 Amandiung, Mt. 172.  
 Amargura 276.  
 Ambang Goenoeng 184.  
 Ambatu 348.  
 Ambitle 265.  
 Amblau 248.  
 Ambon-Insel 244, 248.  
 Ambonit 245.  
 Ambryn 270.  
 Amphibol siehe auch Hornblende.  
 Amphibolandesit 409, 415, 437, 444, 501, 503.  
 Amphiboldazit 415.  
 Amphibolnorittypus 513.  
 Amphibolpyroxenandesit 78, 207, 369, 415.  
 Amukhta 585.  
 Anacloche 347.  
 Anallache 347.  
 Analcimbasalt 608, 614, 624, 683, 709.  
 Analcimtinguit 430, 527.  
 Anatahan 161.  
 Anaun 89, 95.  
 Andahua 347.  
 Andaman-Nikobarenbogen 190.  
 Anden 305, 387.  
   — -diorit 402.  
   — -dioritporphyrit 402.  
   — -gesteine 316, 321.  
   — -granit 402.  
   — -vulkanismus 319.  
   — -zyklus 326.  
 Andesilabradorit 393, 470, 474, 480, 482, 484, 507, 517.  
 Andesinandesit 791.  
   — -basalt 785, 791, 793, 797, 805.  
 Andesit 77, 78, 80, 82, 85, 95, 99, 112, 121, 139, 175, 189, 233, 239, 245, 247, 267, 275, 283, 285, 287, 289, 290, 293, 321, 393, 397, 401, 407, 417, 437, 467, 468, 482, 484, 498, 501, 503, 505, 511, 517, 523, 557, 562, 579, 594, 598, 610, 629, 635, 638, 645, 649, 663, 664, 673, 675, 677, 695, 715, 736, 742, 744.  
   — -asche 391, 411, 437, 470, 505.  
   — -basalt 645, 697.  
   — -bimsstein 470, 505, 515.  
   — -breccie 437, 501.  
   — -porphyr 703.  
 Andjasmoro 226.  
 Andine Faltung 309, 319.  
 Anemousit 413.  
 Aniakhakkrater 577.  
 Anir 265.  
 Aniwa 271.  
 Ankaranit 803.  
   — -Oceanit 803.  
 Ankaratrit 770, 803.  
 Anordnungsdichte 2.  
 Anorthitandesit 519.  
   — -basalt 82, 85.  
 Anorthoklasttrachyt 744, 791.  
 Antarktanden 262, 305, 328.  
 Antillenbogen 438, 468, 483.  
   — Gesteine des 504—519.  
 Antillenprovinz, Eruptionsfolgen der 484.  
 Antikordillere 305.  
 Antipoden-Insel 261.  
 Antisana 380, 412.  
 Antoco 352.  
 Antuco 338.  
 Aoba 270.  
 Aobasan 122.  
 Aogashima 136.  
 Aorai 768.  
 Aopo 764.  
 Apatscha 89.



Api auf Sangean 237.  
 — Gg. bei Wetar 192, 246, 249.  
 — Vulkan auf Siauw 180.  
 Aplit 610, 693.  
 Apo, Mt. 180.  
 Apolima 765.  
 Apoyasee 450.  
 Arafurasee 153.  
 Aragh-Aragh 270.  
 Arayat, Mt. 167.  
 Ardjoeno 226.  
 Arealeruption 577.  
 Arfakgebirge 158, 258, 262.  
 Argentinische Anden, Gesteinsarten 402.  
 Arizona 670, 671 (Neu-Mexiko), 672, 673.  
 Arizona, Mt. Taylor 668, 669.  
 Aroe-Inseln 151, 153.  
 Arsotrachyt 46, 85.  
 Asakusa-yama 116.  
 Asamayama 132.  
 Asche 515.  
 Ascupan 215.  
 Ashikata-yama 134.  
 Asodake 124.  
 Asosan 124.  
 Asososcasse 450.  
 Asososco 450.  
 Asperit 628, 717.  
 Aspiring, Mt. 261.  
 Assatscha 92, 95, 96.  
 Assimilation 540, 545, 547, 548, 592.  
 Assongsong 16.  
 Astrolabeplateau 268.  
 Atacatzto 363.  
 Atakamagraben 305, 316.  
 Atamigebiet, Geysir des 134.  
 Atar 213.  
 Atatsu-Nobori 100.  
 Atitlanvulkane 465.  
 Atjehbogen 191.  
 Atlantische Region Ostjawas 231.  
 Atlantit 66, 68, 85.  
 Atka (Atku, Atcha) 585.  
 Atlinsee 566.  
 Atora no bori 100.  
 Atosanobori 101.  
 Atui-ya-dake 100.  
 Auckland 281.  
 — Gesteine 282.  
 — Inseln 261.  
 Augitandesit siehe Pyroxenandesit.  
 — bombe 498.  
 Augitdiorit 395, 679, 693.  
 — granit 633.  
 — gruppe 22.  
 Augitit 66, 68, 70.

Augitischer Labradorit 474, 484, 507.  
 Augitkersantit 401.  
 — latit 56, 85, 553, 589, 617, 633, 659, 669.  
 — minette 624, 709.  
 — syenit 705, 707, 709, 711.  
 — trachyt 54, 659.  
 — vertreter 26.  
 Aujas 230.  
 Aunuukrater 768.  
 Aurora 270.  
 — Krater 601.  
 Außerandine patagonische Basaltformation 331.  
 Australien, pazifischer Rand 257.  
 — geologischer Ueberblick 257.  
 Australinseln 771.  
 Auwers 264.  
 Awatscha 92, 95, 96.  
 Awoe auf Gross Sangi 180.  
 Azuay 355.  
 Azufra de Tuquerres 365.  
 Azumasan 118.  
 Azuay 366.

## B

Babber 152.  
 Babuyan Claro 166.  
 Babuyanesinseln 166.  
 Backening 92.  
 Bagana 269.  
 Baidarenkrater 89.  
 Baininggebirge 258.  
 Baker, Mt. 565.  
 Balaluam 191.  
 Balamusson 265.  
 Balanakaia 265.  
 Balbi 269.  
 Bald, Mt. 603.  
 Balei 199.  
 Balingtankanal 166.  
 Baloe lowe 185.  
 Banakit 52, 54, 56, 68, 85, 179, 187, 239, 613, 614, 615, 683, 697.  
 Banatit 542, 544, 550, 624.  
 Bandabogen 246.  
 Bandahara 192.  
 Bandaibogen 117.  
 Bandaisan 118, 121.  
 Bandoeri-Rücken 241.  
 Banksgruppe 270.  
 Bankshalbinsel 281, 294.  
 Bantaeng Pic von 189.  
 Baobeltaob 161.  
 Baol-Boali 193.  
 Baranof-Insel 566.  
 Barba 446.  
 Barington 774.

Barkertypus 620.  
 Barleygruppe 142.  
 Baroe 241.  
 Barren Island 190.  
 Barrial 346.  
 Basalt 68, 76, 78, 82, 85, 99, 112, 114, 209, 213, 247, 273, 275, 283, 293, 301, 360, 368, 372, 397, 401, 409, 430, 437, 470, 480, 484, 488, 492, 499, 501, 505, 517, 521, 523, 525, 527, 553, 557, 562, 579, 584, 590, 591, 594, 598, 610, 614, 618, 628, 629, 631, 637, 638, 641, 645, 647, 649, 663, 664, 669, 671, 673, 677, 693, 697, 699, 705, 717, 719, 734, 735, 736, 739, 742, 743, 744, 766, 768, 770, 775, 781, 783, 793, 795, 797, 799, 803.  
 Basaltandesit 437.  
 Basaltbombe 492.  
 Basaltglas 78, 397.  
 Basaltit 66, 68, 72.  
 Basaltporphyr 779.  
 Basanit 772, 803.  
 Basanittuff 803.  
 Bashikanal 165.  
 Basilan-Insel 172.  
 Basin Ranges 538.  
 Basische Gesteine 43.  
 Bataninseln 165.  
 Batanta 151.  
 Bataenzone 185.  
 Batanesbogen 165.  
 Batjan 165.  
 Batie Kjöböe, Gg. 191.  
 Batik 182.  
 Batoe Pisan 215.  
 Batoer, Gg. 241.  
 Batoetara 243.  
 Battakbogen 192.  
 — Gesteine des 206.  
 Batuangas 181.  
 — baru 181.  
 Batu-Lanteh 240.  
 Bawean-Insel 231, 235.  
 Bayonnaisejima 136.  
 Bearpaw, Mts. 625, 626, 712, 713.  
 Bear Tooth Mts. 537.  
 Beaver Creek 626.  
 Beben, tektonische und vulkanische 578.  
 Begajoet 199.  
 Belerang 198.  
 Belowberg 264.  
 Benchmagma 755.  
 Benbow, Mt. 270.  
 Ben Neviskette 260.



Beritaribi 100.  
 Berondrit 769, 770, 801.  
 Bertrand 352.  
 Besagi 200.  
 Besar I, II 199.  
 Beser I 225.  
 — (Ringgit) 236.  
 Bidul 192.  
 Big Belt Range 537.  
 Biliran 172.  
 — Leyte Zone 172.  
 Bill William Peak 590.  
 Bimsstein 411, 467, 477,  
 498, 503, 511, 515, 523,  
 576.  
 Bindloe 774.  
 Binintiang Grande 170.  
 — Chiquito 170.  
 Biotit 552, 555, 613, 621.  
 Biotitandesit 375, 411.  
 Biotitdazit 80, 95, 368, 411,  
 591, 667.  
 Biotithaunbasalt 66.  
 Biotitlatit 633.  
 Biotitryolith 667.  
 Biotittrachyt 608.  
 Biotitvulsenit 50.  
 Biwa-sawe 119.  
 Bjelyi-Chrebet 89, 93, 95.  
 Blackburn, Mt. 567.  
 Black Brothersgruppe 100.  
 — Mesa 593.  
 — Peak 580.  
 — Point 601.  
 — -krater 279.  
 Blaeø 230.  
 Blakiston, Mt. 100.  
 Blanchebai 264, 265.  
 Blosserville 263.  
 Blocklava 759.  
 Blue Lakekrater 279.  
 Boekit Doea 198, 213.  
 — Hitam 198.  
 — Sio 163.  
 Boeloet-Tandiaknangsi 220.  
 Boeroe 152, 246.  
 Boerangrang 218.  
 Boetak 224.  
 Bogosloff 582, 584.  
 Boleng, Gg. 243.  
 Bolivien, Gesteinsarten 406.  
 Bolsone 538.  
 Bombe 511.  
 Bonin-Inseln 142.  
 Boninit 78, 80, 82, 141.  
 Bonmartiniberg 269.  
 Bonneville-Vulkangruppe  
 595.  
 Bonsoe I 197.  
 Bonthain, Pic von 189.  
 Boquerón 457.  
 Bora-bora 771.  
 Bordoncillo 384.

Bostonit 187.  
 Botel Tobago 165.  
 Boscawen Island 276.  
 Bougainville 256, 268.  
 Boulder Montana 702, 703.  
 Bounty-Insel 261.  
 Bowonglangi 189.  
 Brat Chirnoi 100.  
 Bravos 345.  
 Bridgemann-Insel 330.  
 Brimstone Island 277.  
 Bristol-Inseln 330.  
 Britannia, Mt. 268.  
 Britisch-Kolumbien 656 bis  
 659 (atlant. Gestein).  
 — -Papua 265.  
 Brokeoff, Mt. 554.  
 Bronzitorthoklasgabbro  
 334, 399.  
 Bromo, Ostjava 224.  
 — Tengger 226, 233.  
 Bronzitaugitporphyr 401.  
 Broughton Island 100.  
 Bruttokomponenten 10.  
 Buagraben 194.  
 Buchonit 53, 58, 85.  
 Bucht des heiligen Kreuzes  
 93, 95.  
 Bud Dajo 172.  
 Buenavista 269.  
 Buka 268.  
 Buket Goh 191.  
 Bukit Gadang 194.  
 — Pasai 192.  
 Bula Bonte Uhu 189.  
 Bulu Baula 185.  
 Bulusan 171.  
 Bunkerandesit 603, 679.  
 Burney, Mt. 334.  
 Bur-ni-Telong 191.  
 Butilao Peak 169.  
 Butulan 179, 180.  
 Butte Co 634, 635.  
 Butte Montana 702, 703.

## C

Cabalian, Mt. 172.  
 Cachacomani 347.  
 Cacao, El 452.  
 Cagayan de Jolo 173.  
 Cagua 166.  
 Cajucao 172.  
 Calalaste 352.  
 Calamahue 496.  
 Calayo 173.  
 Calbuco 336.  
 Calder, Mt. 566.  
 Caldera 573, Katmai.  
 — -bildung 564.  
 — (Aniakchak) 577, 580.  
 Californien 714—719.  
 Callaqui 338.

Camiguin de Babuyanes 166.  
 Camiguin de Mindanao 179,  
 180.  
 Camptonit 399, 480, 497,  
 527, 633, 769, 770, 801.  
 Campell-Insel 262.  
 Camp Overtox 173.  
 Candlemass-Insel 330.  
 Canlaon-Vulkan 272.  
 Cañon-Diablo-Eisen 593.  
 Cantalitischer Bogen 123.  
 Capulin, Mt. 595.  
 Capur 346.  
 Cap Virgines 331.  
 Caracarani 347.  
 Carmeloit 629, 715.  
 Carnegeit 413.  
 Carihuairazo 360.  
 Carriacou Point 469.  
 Caraycaray 172.  
 Cascade Range 630—649.  
 Casaguala 361.  
 Castle, Mts. 537, 704, 705.  
 Catamarne 180.  
 Catemacosee 487.  
 Cathérine, Mt. 468.  
 Cathedralfels von Peter-  
 borough 773.  
 Caulle 337.  
 Cayambe 383.  
 — Gesteinsarten 414.  
 Ceboruco 494.  
 Cebu 167.  
 Cedar Ranch Mesa 593.  
 Celebes 184.  
 —, Gesteine von 186—189.  
 Central Cordilleran Distur-  
 bence 535.  
 Centre Hills 481.  
 Ceram 152, 246.  
 Ceramicit 121.  
 Cerify 263.  
 Cerritos 496.  
 Cerrito de Apaneca 461.  
 — de Callo 368.  
 — de Oro 465.  
 Cerro Erapuca 441.  
 — de Aguas calientes 352.  
 — Agassiz 333.  
 — de la Aguada 350.  
 — Alto 459, 463.  
 — Amarillo 773.  
 — grande de Apaneca 461.  
 — Aulabug 367.  
 — Azul 340, 358.  
 — Bayo 345.  
 — Blanco 346, 351, 490.  
 — de Bonete 348, 490.  
 — Brujo 457.  
 — Balmaceda 333.  
 — Cachahuay 367.  
 — Cagual 333.  
 — Cajeros 350.



- Cerro Campanero 384.  
 — del Chicote 459.  
 — Chibarca 350.  
 — Chino 459.  
 — Cintepec 487.  
 — Colorado 462, 496.  
 — Diamante 341.  
 — Donoso 333.  
 — Fitzroi 333.  
 — Ferrier 334.  
 — de la Gavia 462.  
 — Gordo 346.  
 — Grande 451, 457.  
 — Guapas 450.  
 — Hermoso 357.  
 — del Hoyo 451.  
 — Infeles 345.  
 — Juannoi 384.  
 — Juncal 350.  
 — de la Laguna Brava 350.  
 — Mantingo 363.  
 — medio 340.  
 — Melimoya 336.  
 — del Mercedario 342.  
 — Miño 347.  
 — Montose 450.  
 — Negro de Mayasquer 364.  
 — Negro 451.  
 — del Obraje 453.  
 — de las Petacas 384.  
 — de los Patos 350.  
 — de Pasco 354.  
 — Payne 333.  
 — Pinto 334.  
 — Potosi 315, 384.  
 — Puñalica 367.  
 — de la Punta Negra 345.  
 — Puntas 383.  
 — Putzulagua 368.  
 — Quemada 466.  
 — Raxon 462.  
 — Redondo 463.  
 — Rincon 352.  
 — San Juan de Volador 487, 495.  
 — San Lorenzo 333, 334.  
 — Santiago 487.  
 — del Saucito 490.  
 — Selaque 441.  
 — de Surqui 446.  
 — Svea 333.  
 — Tajumbina 384.  
 — de Tepic 495.  
 — del Tigre 454, 456.  
 — Santo Tomas 465.  
 — Tua 347.  
 — Tulabug 367.  
 — Tultul 352.  
 — Veladero 348.  
 — Vallecito 350.  
 — Venado 487.  
 — Verde 456.  
 — Verde Cuilotal 459.
- Cerro Yanteles 336.  
 Cerros de Calacali 363.  
 — Campanario 480.  
 — de Chaupi 362.  
 — de Contrayerba 364.  
 — de Tixan 366.  
 — de Yaruquies 367.  
 Chacana Mirador 381.  
 Chachani 348.  
 Chacha-no-bori 101.  
 Chaco 345.  
 Chances Pond 481.  
 Changar 89.  
 Chanmico, Maar von 457.  
 Chatam 774, 775.  
 — Insel 261.  
 Cheduba, Schlammvulkan 190.  
 Chechitno, Mt. 567.  
 Cheribon 218.  
 Chiburi-shima 109.  
 Chicaval 466.  
 Chichibuyama 134.  
 Chichigalpa 452.  
 Chichima-Gruppe 142.  
 Chichontepec 456.  
 Chiginagak 577.  
 Chikuratski, Mt. 100.  
 Chilenisch-argentinische Vulkane 337.  
 Chilenisches Längstal 305.  
 Chile, Gesteinsarten 400.  
 Chillan 338.  
 Chimborazo, Gesteinsarten 359, 360.  
 Chinameca 456.  
 Chinandega 452.  
 Chingo 463.  
 Chipicani 347.  
 Chirinkotan 97, 100.  
 Chirip 100.  
 Chiriquí 441, 444.  
 Chituseurabucht 137.  
 Choachen 89, 93, 95.  
 Chodutka 92.  
 Chokaisan 116.  
 Chokaizone 116.  
 Choiseul 269.  
 Choiseulbogen 269.  
 Chonco, El 453.  
 Chorotka 93, 95.  
 Christensseninsel 330.  
 Chugatch, Mts. 541.  
 Chungara 347.  
 Ciminuit 50, 85.  
 Cimper Cone 558, 559, 560, Diagr., 642, 643.  
 Citlatepetl 487.  
 Cloudy, Mt. 268.  
 Cluergolf, Mc. 257.  
 Coast Range 547, 626, 714 bis 719.  
 — Krater 567,
- Coatepeque, Maar von 459.  
 Cocha Loma 369.  
 Cockburninsel 330.  
 Coffiengruppe 142.  
 Coffre de Perote 488.  
 Cojutepeque 462.  
 Colache 346.  
 Colfax Co 595.  
 Colima 493, 486, 528.  
 Collanes 371.  
 Colorado Latite 684, 685.  
 — Rosita Hills 678, 679.  
 Columbien, Gesteinsarten 416—419.  
 Columbische Granodiorite 541, 542—544, 545 (Proj.), 650—655.  
 — Ostkordillere 428.  
 — Zentralkordillere 315.  
 Columbischer Vulkangürtel 386.  
 Columbia-Lavaplateau 539, 598, 599, 600, 676, 677.  
 Comendit 60, 63, 85, 112, 139, 247, 283, 566, 717.  
 Comendittrachyt 60, 63, 85, 112, 139, 247, 283, 628, 717.  
 Comorantspitze 774.  
 Conchagüita 454.  
 Conchagua 454.  
 Consequina 453.  
 Cook-Inseln 769.  
 Coon Butte 593.  
 Copahue 338.  
 Copiapó 345.  
 Corazon 362.  
 Corcovado 336.  
 Cordillera Blanca 354.  
 — de Huayhuash 354.  
 — Negra 354.  
 Cordillere de la Calera 359.  
 — de Choco 428.  
 Cordieritader 513.  
 Cordieritandesit 505, 513.  
 Cordieritdazit 505.  
 Cordieritmikronorit 513.  
 Corizspitze 263.  
 Corocoro 315.  
 Coromandelhalbinsel 261.  
 — Gesteine 284, 286.  
 Cornwallisberg 269.  
 Corregidor 169.  
 Corvocadobay 305.  
 Coropuna 348.  
 Costarica, Gesteinsarten 447, 502.  
 — -Panama-Kordillere 439.  
 — Vulkanreihe 444.  
 Cotocachi 364.  
 Cotopaxi 374, 410.  
 Cottobatothügel 175.  
 Coxcombberge 427.



Crag 129.  
 Crandallvulkan 610, 611, 612, 691, 692.  
 Crater, El 345.  
 Crater Lake 560, 564.  
 (Diagr.), 646, 647.  
 Crater Peak 565.  
 Crazy Mts. 619, 623, 706, 707.  
 Credner 264.  
 Crescent-Krater 567.  
 Crestonquarzit 547, 655.  
 Cripple Creek 680, 681, 682, 683.  
 — Vulkan 605, Alter 607, 608.  
 Cuicocha 364.  
 Cuipilapa-Miravalles 447.  
 Culloch Peak, Mc. 583.  
 Cumbal 365.  
 Cunru 369.  
 Curtis 277.  
 Cusin-urcu 383.  
 Cuviche 369.  
 Cuyotepe 461.

## D

Daam 248.  
 Dago 216.  
 Daimanji Peak 115.  
 Dainitschidake 122.  
 Daisen 123.  
 Dampierinsel 263.  
 Danau di Baroe, See 196.  
 Danoe 216.  
 — tjiharoes 220.  
 — Vulkangruppe 215.  
 Dardanelle Flow 552.  
 Darien, Golf von 428.  
 Darwin, Mt. 333.  
 Darwinkette 333.  
 Dato, Mt. 167.  
 Daymann, Mt. 268.  
 Dazit 77, 78, 80, 85, 99, 114, 139, 189, 239, 245, 289, 402, 407, 409, 413, 417, 474, 480, 484, 509, 557, 562, 629, 638, 641, 663, 671, 673, 675, 679, 691, 715.  
 — bimstein 80, 482, 484, 517.  
 Dazitischer Liparit 72, 417.  
 Dazitobsidian 480, 484, 517.  
 — -perlit 417.  
 — -porphyr 437, 501, 610, 628, 641, 645, 649, 687, 691, 719.  
 Death Valley 540.  
 Debloi 263.  
 Deceptioninsel 230.  
 Delaki, Gg. 246.  
 Delaman 230.

Deleng Badak 191.  
 — Baros 193.  
 — Batak 192.  
 — Gaju 191, 192.  
 — Gapus 192.  
 — Langsar 191.  
 — Sangapan 191, 192.  
 — Segema 191.  
 — Singalang 193.  
 Dempo 198.  
 Denhambucht 277.  
 Denny-Insel 566.  
 Denver 680, 681.  
 Derrumbadecogruppe 488.  
 Desagüe 462.  
 Descapizado 340.  
 — chico 340.  
 — grande 340.  
 Deslacs 265.  
 Deux Mamelles 480.  
 Devils Kitchen 554.  
 Diabas 179, 393, 395, 484, 513, 519.  
 Diamantspitze 192.  
 Diamond Head 745, 746.  
 Diarian 218.  
 Didika Vulkan 166.  
 Differentiation 588, 592, 777.  
 Differentiationsrichtungen des inneren pazifischen Raumes und der Randgebiete, Diagramm 776.  
 Dienggebirge 224, 225.  
 Djamboel 199.  
 Djemboer 236.  
 Diorit 393, 430, 437, 470, 484, 492, 497, 501, 505, 519, 521, 525, 544, 550, 606, 610, 623, 624, 641, 651, 661, 671, 679, 687, 688, 693, 703, 705, 707, 709, 713.  
 — -essexit 671.  
 Dissoziationen 18.  
 Diutita, Mt. 173.  
 Dobbo, Gg. 243.  
 Dodokoe 163.  
 Doea Sudara 181.  
 Doeko-ma-Tala 163.  
 Dog Knobs 593.  
 Dôgo 109, 112, 115.  
 Dolerit 68, 78, 82, 301, 397, 447, 467, 503.  
 — -basalt 474, 484, 507.  
 Doleritischer Basalt 393, 474.  
 Dolog Martimbang 193.  
 Dolok Pauung 193.  
 Dominica 479.  
 Domit 56.  
 Dona Iñes 345.  
 — Juana 384.  
 Donggo 240.  
 Dorowati-Loksonga 226.

Douglas, Mt. 568.  
 Douglas-Insel 660, 661.  
 Dowora 165.  
 Dözen 109, 112, 115.  
 Dreiecksprojektion der Gesteine 40.  
 Driftbimssteine 274.  
 Drum, Mt. 567.  
 Düff 270.  
 Duncan 774.  
 Dunit 260, 542, 653, 657, 659.  
 Dunderberg-Butte 595.  
 Duportailinsel 264.  
 Durango, 524.

## E

Ebeko, Mt. 100.  
 Ecuador, Gest. A. 408—415.  
 Ecuatorianisch-columbisch. Vulkangebiet 354.  
 Ecuatorianischer Vulkangürtel 386.  
 Echokrater 279.  
 Edcunbe, Mt. 278.  
 Edgumbe 541, 566.  
 Eeka 746.  
 Efate 259, 270.  
 Egmont, Mt. 280.  
 Egong-Vulkan 242.  
 Eisenbasalt 699.  
 Ekarma 100.  
 Eke 741, 746.  
 Elaeolithsyenitporphyr 318.  
 Elden, Mts. 591.  
 Eldorado 632, 633 Anal.  
 Elektrik Peak 610—612, 688, 689.  
 Elkhorn Distr. 712, 713.  
 El Naranjo 461.  
 El Realenco 458.  
 El Teconal 457.  
 Empung 182.  
 Empungglaas 182.  
 Endlicottgebirge 538.  
 Endoet 216.  
 Engadinitisches Magma 550.  
 Engler 264.  
 Eniwadake 117.  
 D'Entrecasteauxinseln 268.  
 Epi 271.  
 Erdbebenwellen 725.  
 Erhebungsokrater 341.  
 Eromanga 271.  
 Erosionsstadium 358.  
 Eruptionsfolgen 549, 587, 598.  
 Eruptionsfolge, umgekehrte 592—593.  
 Esan 118.  
 Escalerasberge 364.



Essexit 235, 255, 399, 402, 769.  
 — -basalt 66.  
 — -gabbro 743, 770, 803.  
 — -porphyrit 399.  
 Estratos de los Llanos 312.  
 Eudialyt-nephelinbasalt 58.  
 Eutektika, Temperaturen der 29.  
 Exhalationen 572.  
 Extinktion durch Erdbebenwellen 726.

## F

Fairviewdiorit 603.  
 Falkon 276.  
 Faltengebirgsbildung 324.  
 Famatinakette 351.  
 Fandango 348.  
 Farallon a Fortuna 137.  
 — de Pajaros 161.  
 — de Torres 161.  
 Feldspate 20.  
 Feldspatbasalt siehe Basalt.  
 Feldspatregel 324.  
 Feldspatvertreter 21.  
 Felsit 484, 519.  
 — -porphyr 399.  
 Fergusit 189, 624, 625.  
 Fergussoninsel 268.  
 Ferrosulfid 571.  
 Feuersee des Katmai 573.  
 — — Kilauea 738, 752.  
 Fierro 345.  
 Fijiarchipel 259, 271.  
 — -inseln, Gesteine 272.  
 Fladenlava 765.  
 Flecha 345.  
 Floid Peak 595.  
 Floreana 774, 775.  
 Flores-Insel, Gesteine von 242, 244.  
 — Vulkan 463.  
 Florida 258.  
 Förderleistung, vulkanische 7.  
 Fonsecabai, Vulkane der 454.  
 Fonuafoa 276.  
 Forest Bellrock 165.  
 Fossa magna 102.  
 — Sarasina 152.  
 Fortunit 46.  
 Fourchit 629, 715.  
 Fourpeaked Mountain 568.  
 Foyait 259.  
 Fraile 351.  
 French Frigate 728.  
 Fuego 464.  
 Fuji 134.  
 Fuji-Boninbogen, Gesteine des 132, 138, 140.

Fujinoyama 134.  
 Fujisan 134.  
 Fukejima 115.  
 Fumarole Butte 596.  
 Fumarolen 571.  
 Fumarolentemperatur 571.  
 Funkendake 123.  
 Fuss Peak 100.  
 Futago-yama 123, 134.

## G

Gabbro 393, 395, 397, 542, 547, 610, 651, 653, 655, 693, 713, 734, 743, 744, 766, 783, 793, 795.  
 Gabbroporphyr 693.  
 Gaddrock 165.  
 Gadia, g. 217.  
 Gagak 216.  
 Gajobogen 192.  
 Galatin Mt. 686, 687.  
 Galatin Range 537.  
 Galápagosinseln 774—776, Alter 775.  
 — Anal. 804, 805.  
 Galápagoslaven, Insel Eden 775.  
 Galelabai 163.  
 Gallina 345.  
 Galloway Souffrière 481.  
 Galoengeong 221, 222.  
 Galoengeong-Bogen 215, 221.  
 Gamkunora 163.  
 Ganjusan 118.  
 Garang-Garang 199.  
 Gardiner Inseln 728.  
 Gardner Laven 742.  
 Gardner 741.  
 Garnotinseln 263.  
 Gase (Katmai) 572.  
 Gase, Lassen-Peak 556.  
 Gase des Kilauea 758 bis 759.  
 Gasgleichgewichte 572.  
 Gasreaktionen und Temperatur 759.  
 Gassan 116.  
 Gaua 270.  
 Gauteit 187, 711.  
 Gazellehalbinsel 258.  
 Gede 217.  
 Geli Bara 243.  
 — Keridoa 243.  
 — Moetoe 243.  
 — Nabe 243.  
 — Ndora 243.  
 Gelvinkbai 258.  
 Gemischte Tätigkeit 4.  
 Genteng 230.  
 Geothermische Tiefenstufe 609.

Gesellschaftsinseln 768 bis 774, 800—803.  
 Geysir 134, 194, 493, 618, 627.  
 Ghaie 265.  
 Gibb Maitland 268.  
 Gilolo 164.  
 Gimie, Mt. 470.  
 Gippinseln 265.  
 Gizo 269.  
 Glacier Peak 565.  
 Glass Buttes 599.  
 Glazialkontrolltheorie 726.  
 Gle Puntek 191.  
 Gletscherschrammen 561.  
 Gletscherlauf 581.  
 Gliederung der Anden 387.  
 Glimmerandesit 72, 95, 187, 239, 402.  
 Glimmerbasalt 50.  
 Glimmerdazit 80, 95, 367 409.  
 Glimmerdiorit 606.  
 Glimmergruppe 22.  
 Glimmertrachyt 56.  
 Gliola 352.  
 Glutwolken 478, 481, 555, 556.  
 Glutwolkenablagerungen 573.  
 Goeloe 192.  
 Goentoer 220, 233.  
 — Bogen 215, 220.  
 Görödong, Gg. I 191.  
 — — II 192.  
 Gold-Tellurerze 608.  
 Golygina 89.  
 Gongora 447.  
 Gonzales 773.  
 Goodenoughinsel 268.  
 Goodkope Island 276.  
 Goreloj 585.  
 Gotoinseln 110, 112.  
 Gotontolabucht 185.  
 Goulvaininsel 268.  
 Grahamsland, Gesteinsarten 396.  
 Grand Bonhome 469.  
 Grande Souffrière 479, 480.  
 Grand Magasin 470.  
 Granit 112, 393, 484, 519, 542, 544, 547, 550, 606, 633, 637, 641, 651, 653, 655, 659, 703, 705.  
 Graniteinschlüsse 574.  
 Granitit 550, 623, 707.  
 Granitporphyr 623, 624, 707, 709.  
 Granodiorit 541, 542, 544, 547, 606, 631, 633, 635, 637, 649, 651, 653, 655, 661, 703, 705, 719.  
 Grenadalaven 468, 504.  
 Grenadinesinseln 469.



Gressien 263.  
Grits 607.  
Großfaltentheorie Pencks 323.  
Groß-Sitkin 585.  
Grotten 760.  
Guadalcanar 259, 269.  
Guadeloupe 479.  
— -laven 481, 516.  
Guagra-ialina-Volcan 381.  
Guam 161.  
Guamani, Gesteinsarten 380, 383, 412.  
Guatemalavulkane 464, 502.  
Guazapa 462.  
Guguan 161.  
Gugu Siri 268.  
Guinon, Mt. 172.  
Guinotberg 269.  
Guratijsinseln 165.

## H

Hachijoshima 136.  
Haddingtonberg 330.  
Hahajimagruppe 142.  
Haleakala 742, Laven 727, 742, 746.  
Halemaumau 751.  
Halimoen 216.  
Halmahera 151.  
Halmaherabogen, Gesteine des 162, 178.  
Hamtschon 92.  
Hannamberg 264.  
Hannambucht 264.  
Hansainsel 263.  
Hansavulkan 263.  
Hakase-yama 122.  
Hakone-yama 134.  
Hakkosan 118.  
Hakusan 122.  
— -zone 122.  
Hapai 277.  
Haroeinen 221.  
Haroeikoe 248.  
Harracar 346.  
Harunasan 122.  
Harzburgit 659, 260.  
Hauhanga, 280.  
Hauptkordillere 333.  
Hauraki, Gesteine 286, 288.  
Hauynandesit 68.  
Hauynphonolith 58.  
Hauynophyr 68, 770, 801.  
Hawai 729, 731.  
— Anal. 778—797.  
Hawaiianische Phase 759.  
— — Tätigkeit 4.  
Hawai-Inseln 728.  
Hawaitypus 776.  
Haystock Park Co 704, 705.

Hecar 346.  
Helens, Mt. St. 565.  
Hennomine 132.  
Henry, Mts. 539.  
Herbertshöhe 265.  
Hibernische Inseln 265.  
Hidagebirge, Vulkanzone 123.  
Higanesan 134.  
Highwood Mts. 537, 624, 710, 711.  
High Rocky Islet 271.  
Hijang 229.  
Hikurangi 280.  
Hiri 164.  
Hirti 263.  
Hitu 248.  
Hiuchi-dake 122.  
Hochkordillere 305.  
Hokkaido 97, 101.  
Holmes, Mt. 609.  
Homeriff 276.  
Honar 346.  
Honduras, Gesteinsarten 502.  
Honga 277.  
Hood, Mt. 565, 566, 774.  
Honshû 97.  
Hornblende 549.  
Hornblendeandesit 78, 80, 95, 177, 179, 209, 211, 239, 267, 273, 287, 389, 395, 397, 405, 407, 409, 498, 523, 557, 567, 584, 590, 638, 645, 664, 687, 691.  
Hornblendeaugitandesit 409, 447, 467, 691.  
Hornblendeasalt 62, 66, 68, 82, 85, 395.  
Hornblendedazit 589, 667.  
— diorit 664.  
— gabbro 542, 547, 655.  
— glimmerandesit 610, 687, 691, 693.  
Hornblendefoyait 297.  
Hornblendegabbro 267.  
Hornblendegruppe 24.  
Hornblendehypersthenandesit 474, 485, 509.  
Hornblendeminette 659.  
Hornblendepikrit 623, 707.  
Hornblendeporphyr 703.  
Hornblendeproxenandesit 374, 378, 391, 407, 411.  
Hornblendequarzdiorit 663, 664.  
Hornopiren 336.  
Hotakasan 122.  
Hotoko 100.  
Houelmont 480.  
Huahine 771.  
Hualalai 729, 735, 747.

Huallatiri 347.  
Huarahuara 347.  
Huascaran 354.  
Huequi 336.  
Huila 385.  
Hunnsteinberg 264.  
Huntervulkan 271.  
Hyalotrachyt 772, 803.  
Hyoryusato 137.  
Hypersthenandesit 78, 80, 95, 207, 273, 285, 293, 391, 397, 401, 409, 474, 476, 485, 498, 507, 509, 511, 523, 557, 562, 635, 637, 638, 641, 645, 647, 663.  
— -asche 401.  
Hypersthenbasalt 566, 647, 649.  
— -andesitbimsstein 511.  
— -dazit 562, 588, 591, 647, 663, 667, 669.  
— -labradorit 470, 480, 484, 505, 517.

## I

Iboe 163.  
Icespringgruppe 597.  
Idjen 229, 230.  
Idzuinseln 134.  
Igualata 367.  
Ija 242.  
Ijolith 657.  
Ikagluik, Mt. 569.  
Iki-Inseln 110, 112.  
Ilaló 368.  
Ilamna, Mt. 568.  
Ilämän 568.  
Iliang 243.  
Ilminiza 362.  
Ilinsk Ssopka 92.  
Iljasi, Gg. 246.  
Ilopango 457.  
Imbabura 369.  
— Gesteinsarten 414.  
Inca 346.  
Incahuasi 352.  
Indefatigable 774, 775.  
Indian-Creek-Lakkolith 609.  
Indrapura Pic von 198  
Inem 166.  
Inkrustationen um Fumarolen 571—572.  
Innerpazifische Vulkane, Literatur 806—808.  
Inosan 101.  
Inseltantarktanden 329.  
— Gesteinsarten 392—395.  
Interandine Mulden in Columbien 366.  
Interiorplateaus 538.



- Inseln unter dem Winde 771.  
 Intermediäre Gesteine 43.  
 Intrusion eines sauren rhyolith. Magmas 576.  
 Intrusion 547.  
 Inverse Lavenfolge 590, 591, 592.  
 Ipala 463.  
 Iraya 166.  
 Irazú 144.  
 Iriga 171.  
 Iron-Spring-Lakkolith 539.  
 Isanachgebirge (Isanotzky) 581.  
 Isarog 171.  
 Ishawoa-Intrusiva 613.  
 Isis Isis 199.  
 Isluga 347.  
 Itji 163.  
 Iwakisan 116.  
 Iwasugeyama 132.  
 Iwodake 123.  
 Iwojima 129, 137.  
 Ixtaccihuatle 488.  
 Ixtaccihuatle, Gesteinsarten 522.  
 Izalco 459, 460.  
 — -vulkane 458.  
 Iztepece 463.
- J**
- Jacquinot 263.  
 Jalapa 463.  
 Jama 352.  
 James-Roß-Insel 330.  
 Japanische Vulkanbögen 101.  
 — — geologischer Bau der 101.  
 — — Formationsfolge der 107.  
 — — atlantische Innenrand der 109.  
 — — atlantische Laven der 110, 112.  
 Japen, Insel 258.  
 Jarvis, Mt. 567.  
 Jasoninsel 329.  
 Java 214.  
 — Geologischer Ueberblick 214.  
 — Gesteine von 232, 233, 234, 235.  
 Jefferson, Mt. 565.  
 Jervis 774.  
 Jesus del Monte 496.  
 Jiluásee  
 Jizunayama 132.  
 Johann-Albrecht-Hafen 265.  
 Jorullo 490, 491.
- Jorullo-Gesteinsarten 524.  
 — -laven 492.  
 Juan-Fernandez-Gruppe 771.  
 — — -Inseln 805, 805.  
 Juncalito 350.  
 Jucuapa 456.  
 Judith, Mts. 537, 621.  
 Jumay 463.  
 Jumillit 46, 47, 85.  
 Junaschka Yunaska 585.
- K**
- Kaala 728.  
 Kaba 198, 212, 213.  
 Kabroeang 162.  
 Kagoshimabai 127.  
 Kahoolawe 746.  
 Kahulai-Laven 742.  
 Kahulaui 741.  
 Kahuku-Distrikt 749.  
 Kahuhuku 750.  
 Kaiketepana 89.  
 Kaikouras 260.  
 Kaimondake 129.  
 Kaimonsan 100.  
 Kairanobori 100.  
 Kairiru 263.  
 Kaisergebirge 269.  
 Kaiwikanal 728.  
 Kajoa 165.  
 Kakarajima 115.  
 Kakaramea 279.  
 Kalambajang 200.  
 Kalendung 221.  
 Kalibasalte 614, 615.  
 Kalifornisches Längstal 540.  
 Kaliliparit 46, 85.  
 Kaliprovinsen 777, Celebes Leuzit Hills.  
 Kalimagmen 44, 45, 46, 48, 616.  
 Kalkmagmen 77, 82.  
 Kalknatronmagmen 76, 78, 80, 97.  
 Kamafuse-yama 118.  
 Kambalinaja Ssopka 92.  
 Kambing, Insel 246.  
 Kampuzan 116.  
 Kamtschatka-Bogen 89.  
 — — Tätigkeit des 91.  
 — — Entwicklungs-geschichte des 93.  
 — — Laven des 94, 95.  
 — — Chronologische Ueber-sicht der vulkanischen Ereignisse des 96.  
 Kamtschatkija Werschiny 89.  
 Kampuzone 116.  
 Kaneyama 100.  
 Kanaga 585.
- Kannabe-yama 122.  
 Kanzañjima 137.  
 Kao 276.  
 Kap Berkeley  
 Kap Binner 269.  
 Kap Nelson 268.  
 Kap Suckling 268.  
 Kap Taga 761, 762.  
 Kara Assam 240.  
 Karang 199, 215.  
 Karang Kobas 224.  
 Kareumbi 218.  
 Karioi 280.  
 Karimkotan 100.  
 Karimoen-Djava-Insel 231.  
 Karohochfläche 192.  
 Karapiti 279.  
 Kasabotchiyama 116.  
 Kasa-yama (Hagi) 123, 131.  
 Kasche 182.  
 Kasho 165.  
 Kasiboy 172.  
 Kasiroeta 165.  
 Kaskadenfaltung 535, 541, 626.  
 Kaskaden-Granodiorite 541, 544.  
 Kaskadenvulkane (Fre-quenz) 553, 565.  
 Kasumigasen 123.  
 Kataphoritrachyt 58.  
 Katmai 568, 576, 662—665.  
 — Auswürflinge 573.  
 — Diagr. 575.  
 — -beben 577.  
 Katatotschy 585.  
 Kanai 728, 745.  
 Kauui 741.  
 Kaupotal 746.  
 Kausagi 269.  
 Kawüste 734.  
 Kawah Idjen 230.  
 Kawi Boetak 226.  
 Kayagatake 134.  
 Keaiwastrom 752.  
 Keanakakoe 751.  
 Kedang, Gg. 243.  
 Kei-Inseln 152.  
 Keizer Pik 200.  
 Keke 165.  
 Kelelondei 183.  
 Kembang, Gg. 225.  
 Kenashiyama 116, 132.  
 Kendeng 224.  
 — Loehoe 220.  
 — Waringuin 221.  
 Kendrick-Peak 590, 591  
 Kentallenit 189, 334.  
 Kenyite 53, 58, 68, 70, 85.  
 Keo, Gg. 242.  
 Keppel Island 276.  
 Keratophyr 772, 805.  
 Kermadek-Bogen 277.



Kermadek-Inseln 261.  
 Kersantit 687.  
 Ketepana 89.  
 Ketetahi 279.  
 Ketengan 183.  
 Ketoy 100.  
 Khaginak 581.  
 Kiara Beres 216.  
 Kibosan 123.  
 Kichpinytsch 92.  
 Kigalge 584.  
 Kigamiljach 584.  
 Kilaua 729.  
 — -Geschichte 751, 752.  
 — -Vulkan, Theorien 738—740.  
 — alte und rezente Laven 739, 786, 787.  
 — Friedländers Hypothese über 738.  
 — Iki 751, 753.  
 Kilkeran, Mt. 268.  
 Kimang Bolegg, Vulkanmassiv 243.  
 Kinagogaran 182.  
 Kirishimadake 125, 131.  
 Kisimen 92.  
 Kitaiwo 137.  
 Kitchenquarzit 547, 655.  
 Klabat-Halbinsel 181.  
 — -Vulkan 181.  
 Klein-Sitkin 586.  
 Kljuschewskaja Ssopka 90, 95, 96.  
 Kljutschewskoj 585.  
 Kloet 226.  
 Knif Peak 569.  
 Ko-Asamayama 132.  
 Kobandai 118, 119.  
 Koher-Vulkan 108.  
 Koekoe 200.  
 Koekoese 226, 230.  
 Koelit Manies 213.  
 Königin-Charlotte-Inseln 270.  
 Koeristein 185.  
 Kofiau 165.  
 Kohala 733, 778, 779.  
 — -rücken 731, 736, 746.  
 Kokkir-Vulkan 242.  
 Kokokrater 745.  
 Kokon auf Nila 249.  
 Kolo 240.  
 Komba Inselvulkan 243.  
 Kombiu 265.  
 — -zone 264.  
 — -linie 264.  
 Komochi-yama 137.  
 Komogatake (Ugo) 117, 118.  
 Konahuanui 728, 745.  
 Konischer Vulkan 585.  
 Koniuji 585.  
 Kontaktexplosion 557.  
 Kontaktexplosion durch Grundwasser 598.  
 Koolau-Range 745.  
 Kordilleren 305, 313.  
 Kordillere Blanca 316.  
 — de Merida 428.  
 — Negra 316.  
 Korintjigruppe 198.  
 Korjaka 92, 96.  
 Koronan Vulkan 108.  
 Korowsky 585.  
 Korrelate Magmen 324.  
 Korror 161.  
 Kosel 92.  
 Koshima 116.  
 Koto-Inseln 165.  
 Kozushima 134.  
 Krakatau 199—205.  
 — Ausbruch des 204.  
 — Geologische Geschichte des 200.  
 — Laven des 212, 213.  
 Krapotkins-Vulkan 108.  
 Krasnaja-Ssopka 89.  
 Krattjak 221.  
 Krestofsker Vulkan 90.  
 Kristallisation, unter Gasabsorption 18.  
 — unter Gasabgabe 18.  
 Kristallisationsbahnen 42.  
 — -differentiation 546—549.  
 Kroneninsel 263.  
 Kroe-Gruppe 200.  
 Kronozker 92.  
 Kronprinzengebirge 269.  
 Krümmelberg 264.  
 Kruzof-Insel 541, 566.  
 Ksudatsch 92.  
 Kuchibeyama 123.  
 Kuchinoerabujima 129.  
 Kugag, Mt. 568.  
 Kuharua 279.  
 Kujusan 123.  
 Kukui 728, 741, 746.  
 — -laven 742.  
 Kulambranga 269.  
 Kulait 70.  
 Kunashir 97, 101.  
 Kunzekla 92.  
 Kurhime-yama 132.  
 Kurilenbogen 97.  
 Kushagamime 118.  
 Küstenkordillere 305, 332.

## L

Labo, Mt. 171.  
 Labradorit 393, 397.  
 Labradorandesit 82, 85, 239, 245, 397.  
 Labradorbasalt 739, 787, 797.  
 Labradorporphyrit 484, 519.

Lacandon 466.  
 La Casitas 452.  
 La Citerne 480.  
 Laco Chalco, Gesteinsarten 522.  
 La Coipa 345.  
 Lafonische Formation 307.  
 Lago Argentino 331, 334.  
 — Belgrano 334.  
 — Buenos Aires 332.  
 — Viedma 331.  
 Laguna de Bombon 169.  
 — von Cuscatlan 457.  
 — de los Derrumbados 445.  
 — Encantada 487.  
 — del Hoyo 463.  
 — de Helada 353.  
 — de la Rena 461.  
 — de Retana 463.  
 — de Taal 167.  
 — del Volcan 345.  
 — Verde 461.  
 La Galera 369.  
 La Giganta 495.  
 Lagunaubu 264.  
 Lahamelang, Adonara 243.  
 La Hoya del Zapote 452.  
 — de los Bravos 452.  
 Lake-Boneville-Vulkangruppe 595.  
 — Lanao 173.  
 Lamarap 243.  
 Lamarierevolution 535.  
 Lamatepec 458.  
 Lamboejangan 230.  
 Lamboemboem 237.  
 Lamboewankette 182.  
 Lamoejang 243.  
 Landvulkan 730.  
 Langet 192.  
 Langhans 264.  
 Langsibattankette 193.  
 Lanin 338.  
 Lantei 197.  
 La Perouse 741.  
 — -Laven 742.  
 — -Rock 728, 742, 797.  
 Las Pilas 450.  
 — -Vulkane 450.  
 Lapilli 511.  
 Lascar 346.  
 Lassen Peak 553, 638, 639.  
 — — 557, 558 Diagr.  
 — — -Magma 556.  
 Lassenianische Eruption 557.  
 Lastarria 345.  
 Latit 56, 85, 419, 501, 553, 587, 617, 618, 633, 659, 685, 770.  
 — -phonolith 66, 68, 607, 608, 614, 681.



Laut-Tawar-See 192.  
 Laurvikit 671.  
 Lavafontainen 756.  
 — -höhlen 760, 762.  
 Lavakaskaden 756.  
 — -stalagmiten 760.  
 — -tunnel 762.  
 Lavaströme des Cotopaxi 378.  
 Lava-Sperone 48.  
 Laven von Costarica 466.  
 — — Guatemala 466.  
 — — Panama 466.  
 Lawien 165.  
 Lawoe 226.  
 Laxa-Vulkan 338.  
 Leboe agoeng 230.  
 Leewards-Inseln, Gesteinsarten 518.  
 Legetala auf Seroe 249.  
 Lejia 346.  
 Leitimor 248.  
 Eleppa 270.  
 Le Maire-Inseln 263.  
 Lemongan 228.  
 Lenai 728, 741, 794, 795  
 — -laven 742.  
 Lenkoan 182.  
 Leonelava 768.  
 Leptynit 771.  
 — -laven 772.  
 Les Saintes 479.  
 Lesson 263.  
 Lette 276.  
 Leucit Hill 700, 701.  
 Leukokrate Bestandteile 37.  
 Leutongai 89.  
 Leuzit in Decken 613.  
 Leuzitabsarokit 54, 614, 695.  
 Leuzitbanakit 614, 697.  
 Leuzitbasalt 48, 54, 85, 187,  
 189, 231, 235, 236.  
 Leuzitbasanit 46, 48, 85, 231,  
 235.  
 Leuzit-Hills 616.  
 Leuzitnephelinbasalt 52.  
 Leuzitnephelinit 68.  
 Leuzitophyr 46, 70, 301.  
 Leuzitphonolith 46.  
 Leuzitshonkinit 624, 711.  
 Leuzitshoshonit 54, 235, 697.  
 Leuzittephrit 49, 50, 52, 54,  
 85, 235, 240.  
 Leuzittinguait 626, 713.  
 Leuzittrachydolerit 46, 85,  
 235.  
 Leuzitit 46, 48, 52, 54, 85,  
 236, 626, 713.  
 Levacheff, Mt. 100.  
 Lewards-Inseln 796, 797.  
 — Kleine Hawai-Inseln 728.  
 Leworoh, Gg. 243.  
 Leyte 172.

Lherzololith 629, 717.  
 Liang 193.  
 Liang Garas 192.  
 Lieskow-Insel 331.  
 Limansaura 172.  
 Limau-manies 197, 210, 211.  
 Limburgit 66, 68, 112, 267,  
 401, 744, 765, 766, 793,  
 799.  
 — -Ankaratrit 770, 803.  
 — -basalt 799.  
 Lincancaur 346.  
 Lindenbergs-Insel 330.  
 Lineareruption 581, 731, 768,  
 776.  
 Lingker 230.  
 Linkoeng 218.  
 Lino Lahendong 182.  
 Liparit 46, 53, 56, 72, 76,  
 85, 95, 121, 179, 209,  
 275, 283, 285, 289, 290,  
 402.  
 — -obsidian 380, 401, 413.  
 Lir 265.  
 Lirima 347.  
 Lisianski-Inseln 728.  
 Literatur: Innerpazifische  
 Vulkane 806—808.  
 — Nordamerika 720—724.  
 — Südamerika 420.  
 Little Belt Mts. 537, 619,  
 624, 708, 709.  
 Livingstone Range 537.  
 Liwuan 265.  
 Llama 338.  
 Limpi 367.  
 Llullaiyaco 345.  
 Loberia vieja 772.  
 Lobe-Tobi-Vulkan 243.  
 Lobetoll-Vulkan 243.  
 Lockyer-Insel 330.  
 Loebok Raja 193.  
 Loemoet 198.  
 Loeroes 231.  
 Lokon 182.  
 Lolomboelan 184.  
 Loloda 163.  
 Loma del Liston 452.  
 — Redonda 459.  
 Lomblen-Insel 243.  
 Lombok 241.  
 Long-Insel 263.  
 Lonquimai 338.  
 Lopevi 271.  
 Loser, Gg. 192.  
 Los Azufres 338.  
 Los-Frailes-Gebiet 318, 331.  
 Los Mojones 352.  
 Los Morros 350.  
 Lots Weib 137.  
 Lousiadearchipel 258, 268.  
 Lubang-Calamianes-  
 Paragna-Bogen 172.

Luisehafen 265.  
 Luscladit 769, 770, 801.  
 Lyttletonkrater 281.

## M

Maa Lea 728, 741, 746.  
 Maare 601.  
 Maar von Chanmico 457.  
 Mabudis 166.  
 Macaturin 173.  
 — -bogen 173.  
 Macauleyinseln 277.  
 Macavulkan 336, 337.  
 Machin 385.  
 Macquarieinseln 262.  
 Madara-shima 115.  
 Madera 448.  
 Madre del Volcan 459.  
 Madupit 46, 85, 616, 701.  
 Maeyama 123.  
 Mafana 761, 762.  
 Mafrait 769, 770, 801.  
 Magmaprovinzen und  
 Tektonik 777.  
 Magasuvulkan 172.  
 Magdalenä-Küstengebirge  
 495.  
 Mageikvulkan 569.  
 Magmatische Systeme, Reaktionen innerhalb 12.  
 — Hauptbestandteile 14.  
 Magma wasserreich und  
 unterkühlt 556.  
 Magmawechsel, pazifistisch-  
 atlantisch 619.  
 Magolo 180.  
 Mahameroe 228.  
 Mahawoe 182.  
 Mahengetany  
 Main Island 269.  
 Maint 173.  
 Maipu 342.  
 Maitaformation 260, 319.  
 Maitatara 164.  
 Majaijai 171.  
 Makanruru 100.  
 Makanrusher 100.  
 Makassarstraße 185.  
 Makjan 164.  
 Makkarinupuru 117.  
 Makuschin, Mt. 582.  
 Malabas 220.  
 Mala Cara 461.  
 Malakal 161.  
 Malakkakulisse 156.  
 Malarayat 170.  
 Malaspina 172.  
 Malayische Randbögen 151,  
 — Geologischer Überblick  
 151.  
 — Formationsgliederung  
 154.



- Malayische Randbögen,  
 Tektonische Leitlinien  
 156.  
 Malayische Scholle 151, 160.  
 Malekula 259.  
 Malchit 395.  
 Malibato 180.  
 Malignit 657.  
 Malinao 171.  
 Malinche 488.  
 Malindang, Mt. 175.  
 Malintang 194.  
 Malintzin 488.  
 Mambajao 180.  
 Mamoeja 163.  
 — — -bucht 163.  
 Mandalawangui 217.  
 Mandailing-Gruppe 194.  
 Mandalwangai 221.  
 Mandioli 164.  
 Mandschurische Vulkane  
 108.  
 Manembam 183.  
 Manilabai 169.  
 Manindjau 196, 208, 209.  
 Manglaiang 218.  
 Mano Diabolo 334.  
 Manoeck 249.  
 Manono 765.  
 Manuagruppe 768.  
 Maoepoera 248.  
 Maquiling 170.  
 Marakriyama 100.  
 Marañon 355.  
 Marble Hill 591.  
 Mare 165.  
 Marekanka 95.  
 Marekankit 95, 287.  
 Maria 240.  
 Marianenbogen, Laven des  
 151, 161, 162.  
 Maribiosvulkane 450.  
 Marikangen 215.  
 Maripipi 172.  
 Mariposa 630, 631.  
 Marivelesgebirge 169.  
 Markaguntplateau 595.  
 Maros, Pic von 185.  
 Marpi 161.  
 Marquesasinseln 771.  
 Martinyulkan 569.  
 Martinique 470.  
 — — Gesteinsarten 506 bis  
 515.  
 — — Karte von 472.  
 — — Laven von 474.  
 Martin, San 486.  
 Marum, Mt. 270.  
 Marysville-Vulkan 548.  
 — Butte 627.  
 — Montana 702, 703.  
 Masafuera 771.  
 Masarang 182.  
 Masatierra 771.  
 Masaya-Nindiri 448.  
 Masbate 167, 172.  
 — Leyte 163.  
 Mashike 101.  
 Mashi-u-yama 101.  
 Massem, Explosionskrater  
 183.  
 Mata, Soembawa 242.  
 Matalanusee 762.  
 Matau 100.  
 Nataulanu 761, 762.  
 Matavanulaven 765.  
 Matavanukrater 761, 764.  
 Matinanggebirge 185.  
 Matofa 761.  
 Matsushima 115.  
 Matthewklippen 271.  
 Matutum 180.  
 Mauca-machai-Volcan 381.  
 Mauga Hertha 761.  
 — Pule 761.  
 Maugaafi 761, 762.  
 Maugaloa 761.  
 Maui 728, 790—793.  
 Mauna Iki 729.  
 — Kea 729, 735, 736, 746,  
 780, 781.  
 — Loa 729, 735, 736, 748.  
 — — (alte Laven) 782, 788.  
 — — (rezente Laven) 785.  
 — — und Kilauca, gegen-  
 seitiges Verhalten von  
 737.  
 — — — — — Daly's Hypo-  
 these über 737.  
 Maunga namu 279.  
 Maungatautari 280.  
 Maurelleinseln 276.  
 Mayon-Vulkan 171.  
 — -Zone 171.  
 Mayor Island 277.  
 Mazama, Mt. 561.  
 Mazaraga 171.  
 Mbulo 269.  
 Mboliharbour 259.  
 Meakan 101.  
 Meanguera 454.  
 Medianlinie 102.  
 Mediterrane Magmaprovinz  
 626.  
 Medwienikoff (Medweni-  
 kowski) 580.  
 Meerestiefe und Vul-  
 kanismus 586.  
 Melalo 196.  
 Melanokrate Bestandteile  
 39.  
 Melaten 230.  
 Melijung, Gg. 191.  
 Melilithbasalt 85, 743, 795.  
 Menadotoewa, Vulkan 182.  
 Meniques 346.  
 Mentolat 336.  
 Mentaweikulisse 157.  
 Merapi 194, 195, 210, 211.  
 Merapi, Ausbrüche des  
 225.  
 — (Idjen) 230.  
 — Laven des 232, 233.  
 Merbaboe 226.  
 Mergen 108.  
 Merig 270.  
 Merite 265.  
 Merlav 270.  
 Mesa, Central 430.  
 Mesa Nevada de Herveo  
 386.  
 Meseta Belgrano 332.  
 — de las Vizcachas 331.  
 — Zeballos 332.  
 Mesinguit 218.  
 — -Pateroeman  
 200.  
 Metcalfkegel, Perry-Peak  
 583.  
 Meteorkrater 593.  
 Metis 276.  
 Metalcueyatl 488.  
 Mexikanisches Gebirgs-  
 system 429.  
 Mexiko, Gesteinsanalysen in  
 520—529.  
 Mexikanische Magma-  
 provinz 497.  
 — — Gesteinsarten 498.  
 Mexikanisches Zentral-  
 plateau 430.  
 Mexikanischer Vulkan-  
 gürtel 486.  
 Middle Range 482.  
 Middlehill 269.  
 Midway-Inseln 728.  
 Mihara-yama 135.  
 Mihasaran 136.  
 Mijakit 82, 121, 136, 141.  
 Mijokosan 132.  
 Mikrogabbro 769, 803.  
 Mikrogranit 477.  
 Mikronorit 513.  
 Mikurashima 136.  
 Milbank-Sund 566.  
 Milnbai 268.  
 Milnegebirge 100.  
 Minamidake 126.  
 Minchinmavida 336.  
 Mindanao 167.  
 Mindoro 167.  
 Miniaturlavaströme 223.  
 Minnie, Mt. 271.  
 Mischkristallbildung 19.  
 Misery, Mt. 481.  
 Misool 151, 153.  
 Missouri 624, 625, 659,  
 711.  
 Misti 348.



Miter 597.  
 Mitsugojima 137.  
 Miyakeshima 136.  
 Mocho, El 338.  
 Moeriah 231, 235.  
 Moezake 126.  
 Mofetten 4.  
 Mogollones Mesa 593.  
 Mohokea 751.  
 Moie Sill, Purcelle Range 547.  
 Mojando, Gesteinsarten 414.  
 — El 368.  
 Mokeoweo 735.  
 Mokuaweoweo, Einsturzkrater 748.  
 Moldavit 233.  
 Molendo 315.  
 Molokai 728.  
 — 741, 746, 794, 795.  
 Molukken 151.  
 Mombacho 448.  
 Mommern, Vulkan in Yunnan 190.  
 Momotombita 450.  
 Momotombo 450.  
 Monchiquit 119, 608, 614, 683, 769.  
 Monkey Hill 435.  
 Monlightüberschiebung 260, 261.  
 Mono 269.  
 — Blanco 487.  
 — -Blanco-Gruppe 487.  
 Mono-Lake-Vulkane 601, Alter.  
 — — -Gebiet 602 (Diagr.), 603, 630, 631.  
 — — -Vulkangruppe 599.  
 Montagne Pelée 470.  
 Montagueinsel 330.  
 Montana 702, 703.  
 Montserrat 481.  
 Monzonit 430, 497, 527, 541, 610, 614, 624, 626, 641, 651, 655, 659, 671, 693, 709, 711, 713.  
 Monzonitshonkinit 189.  
 Moratiagebirge 163.  
 Morato 122.  
 Mormon Peak 589.  
 Morne Anglais 479.  
 — au Diable 479.  
 — Diablotin 479.  
 — Diamant 471.  
 — Garu 469.  
 — Plate Pays 479.  
 Morotai 163.  
 Morro 354.  
 — de Chalupas 374.  
 — Domeyko 331.  
 — Gay 331.  
 — Philippi 331.

Morro von San Luis 341.  
 Morshowsky 580.  
 Mortrero 352.  
 Mota 270.  
 Motir 165.  
 Moto-yama 137.  
 Moyie Sill 546.  
 Moyoro-dake 100.  
 Moyuta 461.  
 Muaniatu 259.  
 Mudlake-Gebiet 598.  
 Mugarit 770, 803.  
 Muirs Butte 627.  
 Muldentäler, vulkanische 746.  
 Mukojima 142.  
 Mullens Harbour 268.  
 Mulmul, El 367.  
 Murray-Insel 269.  
 Mushirklippen 100.  
 Mutnowskaja Ssopka 92, 96.

## N

Nabeyma 126.  
 Naebasan 116.  
 Naganotake 124.  
 Nagapuma-a-tama 280.  
 Nahen-Inseln 586.  
 Naka Iwojima 137.  
 Nakanoshima 109, 129.  
 Naknekspalte 570.  
 Nantaisan 122.  
 Nanusa 162.  
 Nanti 199.  
 Nanwalestrom 752.  
 Narborough 774.  
 Narcondam 190.  
 Naschakondscha 89.  
 Nasi Besar 191.  
 — Ketjil 191.  
 Nasu-Zone 117.  
 Natam, Gg. 192.  
 Natazhat, Mt. 567.  
 Natronkalimagmen 52, 54, 56.  
 — -kalikalkmagmen 52, 54, 56.  
 — -kalkmagmen 64, 66, 68.  
 — -magmen 53, 58, 60.  
 — -trachyt 772, 805.  
 Natschika 93, 95.  
 Nauhcampatepetl 488.  
 Naulavuma 264.  
 Naumannberg 265.  
 Ndeni 270.  
 Ndonga-Vulkanmassiv 243.  
 Neck 604, 607.  
 Necker 741.  
 — Island 728.  
 — -Laven 742.  
 Necktypus 325.  
 Negengebergte 163.

Negros 167, 172.  
 — -Zamboanga-Zulubogen 172.  
 Negrit 601.  
 Nejapasee 450.  
 Nemo Mt. 100.  
 Nemuro-Kap 97.  
 Nettokomponenten 12.  
 Nephelinbasalt 62, 64, 68, 85, 112, 162, 468, 484, 492, 525, 608, 673, 683, 741, 742, 743, 744, 791, 793, 797, 803.  
 — -basanit 65, 66, 68, 70, 85, 283, 301, 468, 484, 673, 772, 805.  
 — -dolerit 58.  
 — -gabbro 770, 803.  
 Nephelinite 53, 58, 65, 66, 68, 85, 283, 768.  
 Nephelin-Melilithbasalt 743, 793, 795.  
 — -monzonit 769, 770, 803.  
 — -shonkinit 189.  
 — -syenite 189, 430, 497, 527, 657, 707, 769, 770, 801.  
 — -tephrit 66, 68, 70, 85, 505.  
 Neu-Bogoslov (Grewingk) 582.  
 Neuguinea 151, 153, 262.  
 —, Gesteine 266.  
 Neuhannover 258.  
 Neuhebriden 259, 270.  
 — Gesteine 272.  
 Neukaledonien 258, 259.  
 Neumecklenburg 258, 265.  
 — Gesteine 266.  
 Neupommern 258, 264.  
 — Gesteine 266.  
 Neuseeland 259.  
 — geologischer Überblick 259.  
 — Vulkane 277.  
 — Gesteine 282—301.  
 Nevadafaltung 535.  
 Nevado Dos Conos 352.  
 Nevados de San Francisco 351.  
 Nevado de Santa Isabel 385.  
 — Palma 385.  
 — de Pastos grandes 352.  
 — de Quindio 385.  
 — de Toluca 490.  
 — Tres Cruces 350.  
 Nevis 481.  
 Ngadipoera 226.  
 Ngare Kobasanga 161.  
 Ngaroe Tangi 243.  
 Ngauruhoe 180, 279.  
 Nebel 226.  
 Nicaragua, Gesteinsarten 502.



Nicaraguasee, Bildung des 441.

— -vulkane 448.

Niederkalifornien 495.

— Tafelgebirge in 495.

Nihoa 741.

— Island 728.

— Island-Laven 744.

Niihau 728, 741, 745, 792, 793.

— -Laven 742.

Niijima 134.

Nila 248.

Niouafou 276.

Nishin-shima 109.

Nishi-yama 136.

Niveauunterschied v. Mauna Loa und Kilauea 737.

Noesa 248.

Nopotepec 487.

Nordake 123.

Nordamerika, Geologisch-tektonisches, 1. Oroge-netische Phasen, 2. Geo-logische Einheiten, Pa-zifik-Mountain-System, Rocky-Mountains Zwi-schengebirge, Depressio-nen auf der Westseite der Rocky Mts., junge Küstenketten 529—553.  
— Alaska-Aleuten-Vulkan-bogen 568.  
— Gesteinsanalysen 630 bis 719.  
— Kaskadenvulkane 553 bis 567.  
— Literatur 720—724.  
— Tertiärer Vulkanismus in 586—627.  
— Wrangellgruppe 567.

Nordjapanischer Vulkan-bogen 117.

— Gesteine des 120.

Nordkrater 279.

Nordmarkit 434, 399.

Nordsohn 264.

Nordtochter 265.

Norikura 123.

Norittypus 523.

Normannbyinsel 268.

Northill 269.

Noseantephrit 68, 70.

Noseantrachyt 267.

Noseanphonolith 70.

Nosowskoje 581.

Novaruptavulkan 571, 576.

Nukuhiva 771.

Numanotairall 8.

Nutapkaushipe 101.

Nutzotingebirge 536.

## O

Oakan 101.

Oahu 728, 741, 745, 794, 795.

Oamaruformation 260, 319.

Obandai 118.

Oberflächenwellen bei Erd-beben 725.

Obi 153.

Obree, Mt. 268.

Obsidian 56, 95, 187, 233, 245, 283, 380, 413, 419,

467, 477, 499, 503, 511, 523, 661, 699, 703, 717.

Ocate Krater 594.

Odinit 401.

Oena Oena, Insel 184, 185.

Oeloe Palli 198.

Oengaran 224.

Oepas 218.

Ofu 768.

Ojo de Lozas 351.

— — Maricunga 345.

Okarusee 278.

Oki-Inseln 109, 110.

Okushirijima 116.

Old Faithful 756.

O'Leary Peak 591.

Oleidugebirge 185.

Oligoklasandesit 779, 791.

Oligoklasbasalt 781.

Olivinandesit 295.

Olivinbasalt 397, 505, 631, 637, 664, 734, 735, 736,

739, 742, 765, 770, 773, 785, 787, 791, 793, 797,

799, 803.  
— -gabbro 484, 519, 606,

623, 705, 707, 766, 799.

— -gang 605.

— -gruppe 22.

— -labradorit 397.

— -oligoklasandesit 779.

— -syenit 659.

— -trachyt 56.

O le Mu 764.

Ollagua 347.

Olokui 746.

Olomanu 761.

Olosega 768.

Olukui 728.

Omao 761.

Omate 347.

Ometepec 448.

Omoa 427.

Omuroyama 134.

Ondake-Vulkan 115.

Onekotan 100.

Onoe-Vulkan 164.

Onoko-yama 122.

Ontake 123, 131.

Ooka-yama 122.

Opdalit 550, 713.

Ophit. Basalt 734, 783.

Optaeshike 101.

Orakeikorakospalte 278.

Orendit 46, 85, 616, 701.

Oregon 648, 649.

Organos, Mts. 428.

Orizaba, Pik von 487.

Orohena 768.

Orosi 447.

Orthoklasbasalt 50, 54, 68, 85, 693.

— -gabbro 606, 614, 705.

— — -diorit 693.

Orthoklasit 661.

Ortiz, Mts. 595.

Oshima 116, 134, 135.

Osorisan 118.

Osorno 336, 337.

Ossar 193.

Ostasiatische Randbögen 89.

Osterinsel 771.

Ostjavanischer Bogen 215, 224.

Ostkordillere 314, 329, 351.

— Columbiens 370.

— Ecuadors 370.

Ostmaui 729.

Otagohalbinsel 261, 281.

— Gesteine der 296 bis 301.

Otley's Level 481.

Overo 342, 346.

Ozeanite 734, 769, 770, 772, 803.

## P

Pacaya 464.

Padanger Hochland 194.

— Gesteine des 206, 208, 210.

Pagan 161.

Paganzoschichten 307.

Pagopabucht 766.

Pahalaserie 734.

Pahoehoelaven 759.

Pailolostraße 728.

Pairoakette 278.

Paisanit 395.

Paiwanobori 100.

Pakistan 229.

Pakuodja, Gg. 225.

Palagonittuff 762, 774, 775, 805.

Palauinseln 161.

Palawan 173.

Palpalan 193.

Pamba-marca 383.

Pampine Sierran 306.

Panama, Gesteinsarten 500.

— -kanal 432.

— —, Formationen des 434.



- Panamaregion, Gesteinsarten 437.  
 Panamazone, Laven der 437.  
 Pandan 198, 199.  
 Pan de Azucar 384.  
 Pandito 236.  
 Pandoesah 236.  
 Panecillo 363.  
 Pangrano-Gede 217.  
 Pangradinan 221.  
 Panguitch-Strom, Lake 595.  
 Panindjawan 199.  
 Pankalaeng 185.  
 Pansanche-Typus 731, 746.  
 Pantarinsel 245.  
 Pantellerit 60, 62, 63, 85, 283, 628, 717.  
 Pantelleritrachyt 60, 85.  
 Panteon d'Aliste 350.  
 Papak 230.  
 Papandajan 223.  
 — Bogen 215, 223.  
 Papenootal 768.  
 Parakasak 216.  
 Páramo de Animas 384.  
 — — Columbe 359.  
 — — Guam 365.  
 — — Guamote 359.  
 — — Piñan 364.  
 — — Puyal 359.  
 Parampuwan 243.  
 Paramushir 100.  
 Parinacota 347.  
 Parrygruppe 142.  
 Pasachoa 368.  
 Pasaman-Telaman 196.  
 Pasar Arbaae 196, 210, 211.  
 Pasemahgruppe 198.  
 Pasto 369.  
 — Venturabecken 353.  
 Patagonien, Gesteinsarten 398 bis 401.  
 Patagonische Anden 332.  
 — Vulkanzone 334.  
 Patagonisch-südchilenische Vulkanzone 342.  
 Patah 199.  
 — Sembilan 198.  
 Patijam, Gg. 231.  
 Patocha 221.  
 Pathologische Gesteine 324.  
 Pauletinsel 330.  
 Paulowsan 129.  
 Paumotuarchipel 771.  
 Pau-Uma 271.  
 Pavant-Butte 597.  
 Pavloff, Mt. 580.  
 Pawehnen 230.  
 Payen 339.  
 Paynemassiv 334.  
 Pazifik, Gebirgsbildungen am Rande des 727.  
 Pazifikgebiet, geolog. Überblick 725—728.  
 — -Mountains-System 535, 536.  
 — -Revolution 535.  
 Pazifischer Rand Südamerikas 305.  
 — — Zentralamerikas 444.  
 Pechstein 679.  
 Pegau-Inseln 258.  
 Peinado 352.  
 Pelada-Kordillere 337.  
 Peladito 351.  
 Peléanische Tätigkeit 4.  
 Peléanisches Magma 476.  
 Peléaschen 477.  
 Pelé, Mt., Ausbruch des 472.  
 — Glutwolke des 478.  
 — -Laven 477.  
 Peles Haar 760.  
 Pelon 447.  
 Pematang-Apoeng 200.  
 Penaboran 198.  
 Penanggoengan 226.  
 Pencks Theorie der Großfaltenbildung 320.  
 Pendil 230.  
 Pencoeseapan 224.  
 Peñon, El 353.  
 Pentecostisland 270.  
 Pepandei 191.  
 Peperkison, Gg. 192.  
 Perbakti 216.  
 Peridotit 653, 679.  
 Periodite 260.  
 Periodizität der Explosion 557.  
 Perlit 380, 413, 480, 484, 517.  
 Peru, Gesteinsarten 406.  
 — -graben 316.  
 Pervi-Insel 100.  
 Pesawaran 200.  
 Pescadoresinseln 129.  
 Peulik 577.  
 Peterhafen 265.  
 Peteroa 340.  
 Petrographie, vergleichende 8, 9.  
 Phasenregel 9.  
 Philippinen 151.  
 — nördliches Vulkansystem 166.  
 — Laven der 174.  
 Philippinenvirgation 158.  
 Phonolith 54, 58, 62, 70, 72, 85, 187, 295, 299, 608, 673, 683, 770, 801, 803.  
 Phreatische Explosion 754.  
 Pichu-pichu 348.  
 Pico del Loro 169.  
 Pihanga 279.  
 Pikes Peak 680, 681, Colorado.  
 Pikritbasalt 78, 82, 734, 736, 739, 741, 742, 743, 744, 770, 772, 781, 785, 789, 793, 797, 805.  
 Pilongo 362.  
 Pinang 215.  
 Pinacate 495.  
 Pinchincha 363.  
 Pintu 192.  
 Pipe, Mt. 139.  
 Pipisan 221.  
 Pirongia 280.  
 Pisang 165.  
 Piso Piso 193.  
 Pissis, Mt. 350.  
 Pitcairne 771.  
 Groß-Piton 470.  
 Piton du Carbet 470.  
 Pitt, Mt. 565, 466.  
 Pizarro 488.  
 Placer Co 632, 633.  
 Plagioklasbasalt 78, 474, 484, 507, siehe auch Basalte.  
 Planchon 340.  
 Plangpang, Soembawa 242.  
 Plateaubasalte 324.  
 Playon 458.  
 Bai of Plenty 277.  
 Plinianische Tätigkeit 4, 180.  
 Plumas Co 636, 637.  
 Poas 446.  
 Pocdol 171.  
 Poegoeng 200.  
 Poi 242, 243.  
 Poeloe Kambing II 243.  
 Poelosari 215.  
 Poera-besar 246.  
 — Ketjil 246.  
 Poet Sagoe 191.  
 Poetri 221.  
 Pohaku o Hanalli 749.  
 Pohe, Gg. 185.  
 Pohutuspringquelle 278.  
 Polymerisationsreaktionen 17.  
 Polzenite 62, 65, 85.  
 Ponafidin-Insel 137.  
 Pondberg 330, 468.  
 Pondok 230.  
 Popocatepetl 489.  
 — Gesteinsarten 522.  
 Porphy 401, 610, 705.  
 Porphyrit 401, 707.  
 Porphyroid 399.  
 Portillo 452.  
 Port Resolution 271.  
 Portuzuelozirkus 771.  
 Postpahalalaven 768.  
 Postpahalaserie 734.



Potor 346.  
 Potro 348.  
 Poulo Caballo 169.  
 Pownasaguntplateau 595.  
 Powek 220.  
 Prahoe 224.  
 Präkordilleren 305.  
 Präpahalaserie 734, Alter 735.  
 Präpahalalaven 746.  
 Prevost Peak 100.  
 Pridoroshny-Vulkan 108.  
 Prince of Wales, Island 660, 661.  
 Pringleandesit 679.  
 Programnoje 581.  
 Puebla, Gesteinsarten 520.  
 Puas 279.  
 Pular 346.  
 Pulaskit 659  
 — -porphyr 657.  
 Pululagua 364.  
 Pulu Bras 191.  
 — Weh 191.  
 Puna von Atakama 317, 344.  
 Punch Bowl 468.  
 Punchbowl 745, 746.  
 Puntigudo 337.  
 Puppa-Vulkan, Upper Burma 190.  
 Puria-Etsadistrikt 259.  
 Pusuk Bukit 193.  
 Putana 346.  
 Putauaki 278.  
 Puu-o-keokeo 750.  
 Puyehue 337.  
 Pyramidenberg 264.  
 Pyroxenandesit 78, 80, 82, 95, 112, 121, 131, 139, 141, 162, 173, 177, 179, 207, 209, 211, 213, 267, 273, 287, 360, 370, 372, 383, 391, 393, 401, 402, 405, 409, 411, 413, 415, 417, 447, 448, 488, 498, 521, 568, 590, 610, 637, 638, 649, 669, 677, 691.  
 Pyroxenit 542, 653.

## Q

Quantitative Gesteinsklassifikation 29, 43.  
 — — Methode Osann I 30.  
 — — — II 31.  
 — — — Niggli 31.  
 — — — Cross, Iddings 32.  
 — — — Hommel 33.  
 — — — v. Wolff 35.  
 Quarzaugitdiorit 484, 519.  
 — -banakit 56, 614, 697.  
 — -basalt 131, 474, 507, 557, 559, 641, 643, 673, 677.

Quarzbiotitdiorit 395.  
 — -diorit 393, 395, 397, 419, 430, 484, 519, 525, 544, 550, 606, 610, 631, 635, 651, 653, 688, 693, 703, 705.  
 — -dioritporphyr 635.  
 — -gabbro 547, 655.  
 — -glimmerdiorit 395.  
 — -latit 437, 617, 685.  
 — -monzonit 419, 544, 550, 606, 631, 703, 713.  
 — -orthoklasgabbro 705.  
 — -Perlit 56.  
 — -porphyr 484, 519, 705.  
 — -trachyt 799.  
 — -trachytandesit 78, 85, 207.  
 — -syenit 112, 624, 626, 711, 713.  
 — -syenitaplit 419.  
 — -zahl 39.  
 Quetrapillan 338.  
 Quezaltepeque 457.  
 Quilindaña 373, 374.  
 — Gesteinsarten 410.  
 Quilimas 371.  
 Quillotoa 361.  
 Quiñata 347.  
 Quironcolo 352.  
 Quispicasha 361.

## R

Radja Bassa 200.  
 Raiatea 771, 800, 801.  
 Raikoke 100.  
 Rainier, Mt. 565, 566.  
 Raja 198.  
 Rakoetak 220.  
 Raluan 265.  
 Ramri, Schlammvulkan 190.  
 Ranoe 236.  
 Ranau-Gruppe 199.  
 Rangitoto 281.  
 Ranti 230.  
 Raoen 229, 233.  
 Raratonga 769.  
 Rashau 100.  
 Ratais 200.  
 Ratoe 218.  
 Rau-Insel 163.  
 Raoulspitzen 264.  
 Rausu 101.  
 Raushi-dake 101.  
 Réaumure 263.  
 Rebantsiriboi 100.  
 Réclus 345.  
 Red, Mt. 593.  
 Red Cone 565.  
 Redjang-Gruppe 198, 212, 213.  
 Redkrater 279, 280.  
 Reesgebirge, van 258.  
 Regal, Mt. 567.  
 Rendowa 269.  
 Rendonda 481.  
 Renongo 269.  
 Retrograde Destillation 19.  
 Retrogrades Sieden 19.  
 Retscheschnoj 584.  
 Reventado 445.  
 Reventazon de Antisanilla 382.  
 — — Cuscungu 382.  
 Rhombenporphyr 53, 70, 657.  
 Rhyolith siehe auch Liparit 46, 60, 85, 112, 139, 189, 437, 499, 501, 525, 562, 579, 594, 598, 603, 618, 628, 629, 631, 641, 669, 675, 677, 679, 695, 699, 703, 705, 715, 717, 719.  
 Richisland 263.  
 Richthofenberg 264.  
 Riebeckitgranit 667.  
 Riebeckittrhyolith 588, 667.  
 Riebeckitphonolith 588.  
 Rincon de la Vieja 447.  
 Rindegan-Vulkan 183.  
 Rindjani 241.  
 Ringgit 236.  
 — I 199.  
 — II 199.  
 Riñihue 338.  
 Riñinahue 338.  
 Río Neuquén 332.  
 — Chico 332.  
 — — de Gallegos 331.  
 — Coile 331.  
 — del Oro 331.  
 — Gallegos 331.  
 — Leona 331.  
 — Negro 332.  
 — Parana 332.  
 — Penitente 331.  
 Risco Plateado 341.  
 Río Senguer 332.  
 — Shehuen 332.  
 Rishiri-yama 117.  
 Rißeiszeit 357, 359, 362, 372, 374, 375.  
 Ritterinsel 263.  
 Ro 240.  
 Robbennunataks 330.  
 Robert-Koch-Geysir 264.  
 Robertsoninsel 329.  
 Rocca, Gg. 242.  
 Rocky Mountains 537.  
 — — Atlantische Gesteine in 595.  
 Rocky Mts. Granodiorite 606.  
 — -Mountains-Trench 538.  
 — Mts. Vulkanismus 603.  
 Roelangvulkan 181.



Rogodiambangan 224.  
 Roissy 263.  
 Roko 100.  
 Roma 248.  
 Roösolunga 240.  
 Rosario 137.  
 Rositaandesit 603.  
 — -vulkan 603, 604.  
 Ross-Insel 330.  
 Rossel 258.  
 Rota 161, 452.  
 Rotaiti 278.  
 Rote Insel 330.  
 Rotomahana 278.  
 Rotorua 278.  
 Rotti 152.  
 Ruapehu 280.  
 Ruawahia 278.  
 Rückgangsindex 2, 144, 146, 250.  
 Ruhainezug 261.  
 Ruiz 385.  
 Ruk 263.  
 Rukbogen 262, 263.  
 Rumanzoffgebirge 538.  
 Rumenganvulkan 182.  
 Rumiñahui 368.  
 —, Gesteinsarten 410.  
 Rurui-dake 101.  
 Russel-Insel 269.  
 Ryukyubogen 104, 124, 146.  
 —, Gesteine des 130.

# S

Saba, Gesteinsarten 516.  
 Sablan 166.  
 Sacate grande 454.  
 Sachalin 97.  
 Sacramental 540.  
 Sagenges-Massiv 260.  
 Sago 194, 208, 209.  
 Sagoatoa 361.  
 Sahendaroeman auf Groß  
 Sangi 180.  
 Sahoe 164.  
 Sahoelbank 153.  
 Saipan 161.  
 Sajama 347.  
 Sakurashima 126, 131.  
 Salahl, Gg. 91.  
 Salak Gede 215.  
 Salamanga Glé 191.  
 Salar Pajonales 345.  
 Salawati 151.  
 Saleaulalavafeld 764.  
 Saleyer-Inseln 190.  
 Salibabu 162.  
 Salin 346.  
 Saloarchipel 165.  
 Salomon-Inseln 258.  
 Salt Lake Crater 745, 746.  
 Salz fumarolen 4.

Samarai 268.  
 Sambe-yama 123.  
 Sambodake 135.  
 Sambondake 134.  
 Samoa-Hawai 761.  
 Samoa-Inseln 761—768, 798, 799.  
 San Alessandro 137.  
 — Ambrosio 773, 804, 805.  
 — Augustino Island 139, 142.  
 — Christobal 259, 269.  
 Sandford, Mt. 567.  
 San Diego 462.  
 — Felix 773, Anal. 804, 805.  
 — — -Vulkane 553, 587, 588.  
 — Francisco Mts. 666—667.  
 Sangar Oedang 194.  
 Sangi 180.  
 Sangibogen 179.  
 San José 342.  
 — —, Gesteinsarten 526.  
 — Juan 461.  
 — Marcellino 459.  
 — Marta 487.  
 — Martin 487.  
 — — Vulkane 334.  
 — Miguel 455.  
 — Paulo 346.  
 — Pedro 346, 352.  
 — — de la Laguna 465.  
 — Rafael 341.  
 — Salvador 457.  
 — —, Vulkane von 454.  
 — —, Binnenvulkane von West- 462.  
 Santa Ana 458, 460.  
 — -Ana-Izalco 458.  
 — Catalina dos Lidrados 496.  
 — Catarina Mita 462.  
 — Catharina 448.  
 — Clara 452.  
 — -Cruz-Gruppe 270.  
 — Elena 456.  
 — Maria 465.  
 — Rita 457.  
 — -Rosa-Gruppe 345.  
 Santiago 774 775.  
 — Maria 456.  
 Santo 259, 270.  
 San Tomas 167.  
 Santorinit 82.  
 San Vicente 456.  
 Sapaleri 352.  
 Saporoea 248.  
 Sara-huazi-Volcan 381.  
 Sarasara 348.  
 Saratoesgebirge 184.  
 Sarboe, Gg. 192.  
 Sarigan 161.  
 Sarnitscheffvulkan 100.

Sarytchef 585.  
 Saunders-Insel 333.  
 Saure Fumarolen 4.  
 — Gesteine 43.  
 Savo 269.  
 Sawai 761, 798, 799.  
 Sawel 223.  
 Scheringberg 264.  
 Schiffelsen 582.  
 Schiffer-Inseln 761.  
 Schildvulkan 774.  
 Schischel 89.  
 Schiweijutsch 90, 95, 96.  
 Schleinitzgebirge 258.  
 Schmelzpunkt der gesteinsbildenden Mineralien 27.  
 Schneeschmelze, Einfluß auf Eruption 554, 556.  
 Schouten 263.  
 Schouten-Insel 262.  
 Schraderberg 264.  
 Scott, Mt. 565.  
 Sedakeling 221.  
 Seemagma 755.  
 Segiri 197.  
 Sekindja 200.  
 Sembälungebirge 241.  
 Seminoeng 200.  
 Semisopotschnij 585.  
 Sempoevulkan 183.  
 Sendoro 225.  
 Sepulchre Mts. 612, 690, 691.  
 Sergejewsky 585.  
 Seroe-Insel 249.  
 Serrania de Chanchagran 364.  
 — de Colimbo 365.  
 Sesargovulkan 269.  
 Sewidowski 584.  
 Seymourbai 268.  
 Shackanit 657.  
 Sharidake 101.  
 Shasta, Mt. 559, 561 (Diagr.), 562—563, 640, 641, 644, 645.  
 Shastina, Mt. 559.  
 Shiaskotan 100.  
 Shinsan 116.  
 Shichiseitonsan 129.  
 Shikineshima 134.  
 Shinto 142.  
 Shiranesan (Chuzenji) 122.  
 — (Kusatzu) 132.  
 Shiratani 123.  
 Shiribets Masse 117.  
 Shirinki 100.  
 Shishaldin, Mt. 581.  
 Shitokap-yama 100.  
 Shonkinit 189, 246, 247, 624, 626, 709, 711, 713.  
 Shonkin Sag 624.  
 Shortland-Inseln 258.



- Shoshonite 52, 54, 85, 235,  
413, 613, 614, 615, 683,  
687, 695, 697.
- Shoshuenco 338.
- Shule-Inseln 330.
- Shumshir 100.
- Shupanofvulkan 92.
- Sial 725.
- Sialma 725.
- Siasi 173.
- Sibajak 193, 206, 207.
- Siderengsee 185.
- Sierra Antofallita 350.
- de Cordoba, Gesteinsarten 404.
- de las Minas 427.
- de la Victoria 495.
- del Espiritu Santo 427.
- del Mico 497.
- del Morro 341.
- Madre von Chiapas 427.
- Maestra 427.
- Nevada de Santa Marta 428.
- S. Gil 427.
- Sierra, Co 634, 635.
- de los Baguales 331.
- de Colasi 171.
- de Perija 315.
- Madre Occidental 429, 539.
- Nevada 535, 536, 541, 553, 630—649.
- — de Santa Marta 315.
- — Granodiorite 541, 544.
- Odontepec 429.
- Tamaulipas 429.
- — Eruptivgesteine, Gesteinsarten 430.
- Tantima 429.
- „Siete Orejas 466.
- Sigan 166.
- Signal Hill 482.
- Sigoemoeroe 194.
- Siguam (Seguam) 585.
- Si' it Lake 173.
- Sikadoedoek 194.
- Sikoetjing 224.
- Silifizierungsreaktionen 12.
- Silbererze 605.
- Sill 573, Intrusion.
- Silver-Cliff-Distrikt 605.
- Simati 193.
- Simbolan 193.
- Si Milir 193.
- Simpaimassiv 218.
- Simpsonhafen 265.
- Simushir 100.
- Si Nabun 193, 207.
- Sinai, Mt. 468.
- Sincholagua, Gesteinsarten 410.
- Singalang 196, 210, 211.
- Singkarak 196, 210, 211.
- Sink holes 756.
- Sinkarakgraben 194.
- Sinnarka 100.
- Sinobongebirge 191.
- Sinterterrassen 171.
- Sipaholon, Solfatarenfeld 193.
- Si Rabungan 194.
- Sissel 89.
- Sitgreaves Peak 590.
- Sitignak 586.
- Sitoe tjirompang 223.
- Slamat 223, 224.
- Slate, Mt. 592.
- Smeroe 228.
- Smithjima 137.
- Snow, Mt. 537.
- Socompa 346.
- Soconusco, Vulkan von 468.
- Sodalithbasalt 66.
- Sodalithsyenit 624, 711.
- Sodalithtrachydolerit 68, 70.
- Sodalithtrachyt 58.
- Sodarhyolith 715.
- Soediplak 218.
- Soeket 230.
- Soembawaiinsel, 236, 242.
- Gesteine der 238.
- Soembing 225.
- Soemoe 199.
- Soepiori 258.
- Soepoetan 183.
- Sölawaih Agam 191.
- Inong 191.
- Solfataren 4, 171, 180.
- Solimana 348.
- Solomonen 268.
- Solorinsel 243.
- Sölvsbergit 623, 624, 707.
- -porphyr 711.
- Sommait 50.
- Soretittrachyandesit 114.
- Sorik Morapa 194.
- Sorimandi Pic 240.
- Sosneado 341.
- Soufrière 469.
- Mountain 481.
- South Hill 269.
- Soya Kap 97.
- Spanish Peak 595.
- Sphärol. Dazit 484, 517.
- Sphärolith 413.
- — -obsidian 380, 413.
- — -pechstein 380, 413.
- Square Butte 624.
- Ssemjatschik, große 92, 96,  
— kleine 92, 96.
- Sshinshiridake 100.
- St. Anthony Peak 101.
- Statia 481.
- St. Augustin 568.
- Stauungsbögen 102.
- Steps Point 768.
- St. Eustatius, Gesteinsarten 516.
- Stewardinseln 260.
- St. George Hill 481.
- Georgia 269.
- Georgsland 264.
- Georgskanal 258.
- Kitts 481.
- Strandmarke (Bonneville) 597, 598.
- Strandterrassen 766.
- Strombolianische Phase 243.
- Tätigkeit 4, 135.
- St. Vincent 469.
- Gesteinsarten 470, 504.
- Subamerikanische Inseln 771, 804, 805.
- Subaerischer, submariner Vulkan, Abtragung 730.
- Submarine Ausbrüche 137, 165, 180, 277, 730.
- Suchitan 462.
- Südchilenische Vulkane 340.
- Vulkanzone 334, 335.
- Südjapanischer Bogen 122.
- Laven des 130.
- Südkrater 279.
- Südneuseeland 281.
- Südsandwichinseln, Gesteinsarten 396.
- Südshetlandinseln 329.
- Gesteinsarten 396.
- Südsohn 264.
- Südtochter 265.
- Süd- und Zentralamerika, Zusammenhänge 428.
- Sugenosen 123.
- Sulphur Hot Springs 470.
- Sulphur Island 137.
- Suluinseln 160, 167.
- Sumasate 463.
- Sumatra 190.
- Gesteine von 206, 208, 210, 212.
- Tetonik 191.
- Sumatra-Javabogen 156, 190.
- Sumondake 116.
- Sundabogen 240.
- Sundagruppe 200.
- Sunday Island 277.
- Sundainseln 151.
- Sunligh-Intrusiva 612.
- Sunset Peak 593.
- Supan Springs 554.
- Suribachi-yama 100, 137.
- Surungan 193.
- Suwanosejima 129.
- Sweet Grass Hills 537, 626



Svea, Mt. 333.  
 Syenit 480, 497, 525, 606,  
 608, 624, 681.  
 — -porphyr 484, 519, 624,  
 659, 709, 711, 713.  
 Symmetrische Verteilung  
 der Magmaprovinz 777.  
 Systematik der Eruptiv-  
 magmen 84.

## T

Taal-Vulkan 169.  
 Taalzone 169.  
 — Laven der 176.  
 Taapaca 347.  
 Tabernakel-Krater 596.  
 Table Mt. Flow 552.  
 Taburete 456.  
 Tacaná 468.  
 Tacora 347.  
 Tafua 761, 762.  
 Tagura-yama 122.  
 Tagula 258.  
 Tahitiprovinz Diagr. 769.  
 Tahiti 769, 801.  
 Tahiti 770, 800, 801.  
 Tahoma Peak 584.  
 Tactualca 463.  
 Taitonsan 129.  
 Tajumbinabezirk 384.  
 Tajumulco 466.  
 Taiwan 129.  
 Takaharadake 122.  
 Takodoyama 134.  
 Takuhi-yama 115.  
 Talang-Vulkan 194, 195, 196,  
 210, 211.  
 Talasiquin 173.  
 Talauer Inseln 162.  
 Tal der zehntausend Rauch-  
 stellen 570, 571.  
 Talu 196.  
 Tamagés 461.  
 Tamaulipas, Gesteinsarten  
 526.  
 Tambakroeoeng 220.  
 Tamboeloengan 190.  
 Tambora 236.  
 Tampoereng Gadang 197.  
 Tampoereng Ketjil 197.  
 Tampomas 218.  
 Tampussu 182.  
 Tanach-Angunach 584.  
 Tanaga 585.  
 Tancitaro 492.  
 Tandikat 197.  
 Tanggamus 200.  
 Tangka 200.  
 Tangkoeban-Praho-Bogen  
 215, 216.  
 Tangoeban-Praho 218.  
 Tanna 271.

Tanoh Tjempögö 192.  
 Tantaluskrater 745.  
 Tanurbur 265.  
 Tapanoe-Bogen 193.  
 Tapochao 161.  
 Tapuleele 762.  
 Taradake (Nagasaki) 123.  
 Tarakan 163.  
 Taranaki, Gesteine 292.  
 Tarawera 278.  
 — -zone 261.  
 — -see 278.  
 Tarn-Schiefer, Mt. 333.  
 Tarob 228.  
 Tartarus, Lake 554.  
 Tarumai 117, 121.  
 Tatargruppe, Soembawa  
 242.  
 Tata-Yachura 347.  
 Tateshinayama 134.  
 Tate-yama 122.  
 Tätigkeitscharakter des  
 Vulkans 3, 4.  
 Tätigkeit des mexikanischen  
 Bogens 496.  
 Tatío 346.  
 Tauhara 279.  
 Tau-Insel 768.  
 Taumako 270.  
 Tauna 258.  
 Taunschitz 92.  
 Taupiri 280.  
 Taupozone 261, 277, 278.  
 — -see 279.  
 Taurangakohu 280.  
 Taupik 269.  
 Tawi-Tawi 173.  
 Taylor, Mt. 553, 594.  
 Tecajefe 488.  
 Tecapa 456.  
 Tecar 346.  
 Tecomatepe 462.  
 Tecuamburro 461.  
 Tehama Co 634, 634 Anal.  
 Tektonische Zyklen 323.  
 Telaga-Paenggang 220.  
 Telerep 225.  
 Telica 452.  
 Telok 200.  
 Te Marikegel 279.  
 — — -schächte 280.  
 — — -schlote 280.  
 — — -Explosionskrater 279.  
 Tempang 182.  
 Téméraire, Mt. 268.  
 Tempegraben 185.  
 Temperaturmessungen am  
 Kilauea 756, 757.  
 Temperaturbestimmung  
 555.  
 Tempoh Malang 215.  
 Tenaro 193.  
 Tengger 226.

Tenimberinseln 152.  
 Tenjo-yama 134.  
 Tenoria 447.  
 Teon 248.  
 Tephrit 68, 70, 74, 75, 85,  
 235, 236, 772.  
 Tephritischer Basalt 803.  
 Tephritoid 68, 70.  
 Te Pukedistrikt, Gesteine  
 282.  
 Terano Kau 771.  
 Ternate 164.  
 Terrace-Krater 597.  
 Teschenit 629, 717.  
 Teta, La 453.  
 Tetawiran 182.  
 Teterata 278.  
 — -quelle 278.  
 Tëwëring-Insel 246.  
 Therolith 623, 707.  
 Thielson, Mt. 565, 566.  
 Three Sister 565.  
 Thurston Lake 753.  
 Tiagat Kadaga 218.  
 Tiakraboewana 221.  
 Tjambit 230.  
 Tjaboet 199.  
 Tidore 164.  
 Tjemoro 230.  
 Tjerimai 218.  
 Tjéwu 240.  
 Tiesane 347.  
 Tigil 96.  
 Tjikoera 224.  
 Tjilering, Gg. 231.  
 Tjilik 230.  
 Tjiwidae 221.  
 Tjoe 220.  
 Tillite 307.  
 Timberkrater 565.  
 Timor 152.  
 — Gesteine von 247.  
 — -kordillere 152, 157.  
 Tinakoro 270.  
 Tinakula 270.  
 Tinguait 297, 430, 497, 527,  
 622, 713, 769, 770, 801.  
 — -porphyr 624, 711.  
 Tinguirica 341.  
 Tjoendoeng 198.  
 Tiscapasee 450.  
 Tnah Lapang 163.  
 Toasivi 761, 762.  
 Tobasee 193.  
 — Gesteine des 206.  
 Tobishima 116.  
 Tocar 346.  
 Todoeke 164.  
 Toedjoeh, Gg. 198.  
 Toengol 218.  
 Tofua 276.  
 Toiavea 761, 762.  
 Tokashidake 101.



Tokoko-Vulkan 181.  
 Tokotanbai 100.  
 Tokumau 265.  
 Tolbatscha, großer 92, 96.  
 — kleiner 92.  
 Tolhuaca 338.  
 Tolima 385.  
 Toliman 465.  
 Tolo 163.  
 Tomari-yama 101.  
 Tominibucht 184.  
 Tonalit 430, 497, 525, 542,  
 544, 550.  
 Tonanomassiv 182.  
 Tongabogen 276.  
 — -inseln 261, 274.  
 Tongariro 278, 279.  
 — -massiv 279.  
 Tongoa 271.  
 Tonglon 167.  
 Tokano 279.  
 Tordrillit 46, 56, 57, 72.  
 Toro 345.  
 Toshima 135, 136.  
 Towanumbattir 265.  
 Tower 774.  
 Trachyandesit 68, 70, 85,  
 397, 482, 484, 624, 673,  
 711, 744, 766, 799.  
 Trachydolerite 54, 68, 70,  
 74, 75, 139, 211, 231,  
 247, 297, 299, 301, 430,  
 499, 527, 608, 614, 671,  
 683, 766, 769.  
 — -basalt 799.  
 Trachyphonolithe 52, 54, 70,  
 75, 85.  
 Trachyt 46, 50, 52, 56, 60,  
 70, 72, 75, 85, 95, 112,  
 141, 177, 187, 267, 285,  
 289, 295, 397, 401, 430,  
 437, 498, 501, 527, 594,  
 610, 669, 675, 679, 681,  
 744, 766, 768, 770, 772,  
 783, 799, 801, 805.  
 — -tephrit 403.  
 Trafalgar, Mt. 268.  
 — -halbinsel 258.  
 Traitors Head 271.  
 Trappbasalte 77, 82.  
 Traß 58.  
 Traversegruppe 330.  
 Trellope 338.  
 Tresonte 496.  
 Tres Virgines 496.  
 Tridymitlatit 617, 685.  
 Tridymittrachyt 295.  
 Tridentvulkan 568.  
 Troktolith 470, 505.  
 Tromen 338.  
 Trondjemitischer Magma-  
 typus 542, 544, 550.  
 Trumbull, Mt. 595.

Tschaotsch 92.  
 Tschapina 92.  
 Tschegulak 584.  
 Tsumuridake 123.  
 Tubai-Inseln 771.  
 Tufu 762.  
 Tulik (Tuliskoje) 584.  
 Tumiza 346.  
 Tumleo 263.  
 Tunguragua 372.  
 — Gesteinsarten 410.  
 Tuhua 277.  
 Tuixtepec 459.  
 Tuolumne 632, 633.  
 Tupinierinsel 263.  
 Tupungatito 342.  
 Tupungato 342.  
 Turrialba 446.  
 Tusam 192.  
 Tu-shan-Vulkan 108.  
 Tutuila 798, 799.  
 Tutuila, Laven, Alter 766.  
 Tutupaca 347.  
 Tuxila, Vulkangebiet von  
 488.  
 Tuxtla, Gesteinsarten 520.  
 — Laven von 488.  
 Tyndall, Mt. 603.  
 Typus Elektric Peak 550.  
 — Yosemite 550.

## U

Ubinas 348.  
 Udoneshima 135, 136.  
 Ufermagma 755.  
 Uinkaretplateau 593.  
 Ujun-Choldongi 108.  
 Ulägan 584.  
 Uliasserinsel 248.  
 Ulrichit 297.  
 Ultravulkanianische Erup-  
 tionen 336, 557.  
 — Tätigkeit 4, 119, 123.  
 Ulupaukrater 745.  
 Umkehrung der Eruptions-  
 folge 593.  
 Unalashka 582.  
 Unana 92.  
 Union Peak 565.  
 Unzendake 123.  
 Upolo 765.  
 Uracas 161.  
 Uraminotaki 115.  
 Uratman Peak 100.  
 Ureparapara 270.  
 Urup 97.  
 Uschkinsker-Vulkan 90.  
 Uson 92.  
 Usudake 117, 121.  
 Usulután 456.  
 Utah 674, 675.  
 Utaschut 92.  
 Uvea 276.

## V

Valua 270.  
 Vangunu 269.  
 Vanikoro 270.  
 Vanulava 270.  
 Vanualava 270.  
 Variscische Granite 550.  
 Varzinberg 264.  
 Vater 264.  
 Vatganai 270.  
 Vacluin, Mt. 471.  
 Venezuela und Trinidad,  
 Küstengebirge von 428.  
 Veniaminof 580.  
 Vergleichstypen 550.  
 Verit 46, 89.  
 Vicoite 52, 54, 85, 231,  
 235.  
 Viejo El 452.  
 Villarica 338.  
 Villaumezberg 264.  
 Virginesinseln, Gesteins-  
 arten 518.  
 Visokoi-Insel 331.  
 Vitroandesit 78.  
 Viudita 363.  
 Vogesit 608, 683.  
 Volcan 346, 352.  
 — El 354.  
 — de las Agüilas 461.  
 — de Antofalla 350.  
 — d'Ansango 382.  
 — de Catarina 457.  
 — de los Canastes 447.  
 — de Cuyanausul 461.  
 — de la Hacienda 381.  
 — de la Lagunita 461.  
 — de Lajara 338.  
 — Nuevo 445.  
 — de Papallacta 382.  
 — de Porterillos 382.  
 — de la Savana 461.  
 Volcancito 494.  
 — d'Enmedio 491.  
 — del Norte 491.  
 — del Sur 491.  
 Vorkordilleren 305, 306.  
 Vorläuferwellen bei Erd-  
 beben 725.  
 Vriesland 135.  
 Vsevidoff 584.  
 Vulcano Bai 117.  
 Vulkan de Azufre 342.  
 — -bauten nach Stübel 358.  
 — Berlin 456.  
 — Mutter 265.  
 — Santiago 448.  
 — von Quetzaltenango 466.  
 Vulkanasche 501, 515.



Vulkane der Bransfield-  
straße 330.  
— de Nicaraguasses 448.  
— des Südsandwichbogens  
330.  
— Zentralamerikas 426.  
Vulkaneinheiten in Costa Rica  
467.  
— in Guatemala 467.  
— in Honduras 467.  
— in Nicaragua 467.  
— in San Salvador 467.  
Vulkanische Intensität 6,  
586.  
Vulkanianische Phase 754.  
— Tätigkeit 4.  
— Zyklen 323.  
Vulkantypen, pazifischer 86.  
— atlantischer 87.  
— arktischer 87.  
Vulkanzone Boliviens 343,  
349.  
— Perus 343, 349.  
— der Puna von Atakama  
343.  
Vulkanzonen 262.  
— Australiens 262.  
— Columbiens 356.  
— Ecuadors 356.  
— Gesteine 266, 272, 274,  
282, 284, 286, 288, 290,  
292, 294, 296, 298, 300.  
Vulsinit 50, 85, 681.  
Vunuweri-Vulkan 248.

## W

Wadundanga 240.  
Wahanya 278.  
Wai-Bubotuffe 259.  
Waigoe 151.  
— Insel 258.  
Waihi-Mine, Gesteine 290.  
Waikato 278.  
— Waikatotal 278.  
Wailea-Cliff 746.  
Waimassabai 259.  
Waimea Canyon 741.  
Wajang Windoe 221.  
Wakalipusee 260.  
Wakitisprudel 278.  
Wallisland 276.  
Wallross Peak 580.  
Walpol Island 271.  
Wärmebilanz des Kilauea  
759.  
Warudani 123.  
Washington 648, 649.

Wasserausbrüche 226.  
Wassiljew-Vulkan 108.  
Wawani 248.  
Wehrlite 769, 770, 803.  
Weißer Vulkan 585.  
Welaleale 728, 745.  
Welckerguppe 264.  
Wella la Wella 269.  
Welle-Insel 268.  
Wesley Rock 276.  
Westantarktika, Gesteins-  
arten 392–397.  
Westdrift 167.  
Westjavanischer Bogen 215.  
Westkordillere 305, 314.  
Westkordillere in Colum-  
bien 359.  
Westkrater 279.  
Westlaven 742.  
Westmaui 728.  
West-Oahu 741.  
Wetar 246, 248.  
Whaingaroa 280.  
Whakari 277.  
Whangaroa-Distrikt,  
Gesteine 282.  
White Island 277, 278.  
Widodaren 230.  
Wilis 226.  
Wilsongruppe 270.  
Wiluitschik Ssopka 92, 95.  
Windoe 221.  
Windsorit 390, 542, 550.  
Withney, Mt. 630, 631.  
Wizard 561.  
Wokka, Adonara 243.  
Wrangell, Mt. 567.  
— -vulkangruppe 540, 553,  
567.  
Würmeiszeit 357, 360, 363,  
368, 373, 374, 375, 377.  
Wunakokor 264.  
Wyomingit 46, 85, 616, 701.

## X

Xitle 490.

## Y

Yadake 123.  
Yahazudake 124.  
Yake-yama 118, 132.  
Y'ami 166.  
Yamazaki 132.  
Yana-ureu 364.  
— — von Calpi 367.  
— -Volcan 381.

Yasowa 271.  
Yate 336.  
Yatsugatake 134.  
Yawetano 134.  
Yeguas 340.  
Yellowstone-Nationalpark  
537, 609, 610, 611, 618,  
619, 686–699.  
Yenlo, Mt. 568.  
Yetorup 97, 100.  
Yogoit 620, 624, 709.  
Yogo Peak 620.  
— -Peaktypus 620.  
Yucamani 347.  
Yufudake 123.  
Yugeta-yama 119.  
Yule, Mt. 268.  
Yunque 771.

## Z

Zacualpa 462.  
Zambales, Sierra  
Zaosan 118.  
Zapatero 448.  
Zawadowski-Insel 331.  
Zeittafel der Tertiärs 443.  
Zentralamerika, Laven des  
pazifischen Randes in  
467.  
— Atlantischer Rand in  
468.  
— Pazifischer Rand in 444.  
Zentralamerikanisches Ge-  
birgssystem 440.  
Zentralamerikas orogene-  
tische Phasen 442.  
— geologisch-tektonischer  
Ueberblick 426.  
Zentralkordillere 305, 329.  
— von Neuguinea 157.  
Zentralkrater 279.  
Zeolithisierungen 772.  
Zerrungsbögen 104.  
Zollipulli 338.  
Zuñil 465.  
Zusammenhänge v. Mauna,  
Loa u. Kilauea 755.  
Zusammenvorkommen pazi-  
fischer und atlantischer  
Magmen 731.  
Zweiphasenkonvektions-  
theorie 755.  
Zwillingsvulkane 246.  
Zwischengebirge, Basin  
Ranges und Interior-  
plateau 538–540.  
— (Vulkanismus) 586.







